This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

3 2044 103 220 596

Digitized by Google

HARVARD LAW LIBRARY

Received JAN 6 1922

Digitized by Google

Germany

Digitized by Google

Digitized by Google

Die explosiven Stoffe

ihre

Geschichte, Fabrikation, Eigenschaften, Prüfung

und praktische

Anwendung in der Sprengtechnik.

Zweite Auflage.

Digitized by Google

Digitized by Google

Die explosiven Stoffe

ihre

Geschichte, Fabrikation, Eigenschaften, Prüfung

und praktische

Anwendung in der Sprengtechnik.

Ein Handbuch

für Fabrikanten und Verschleißer explosiver Stoffe, Chemiker und Techniker, Berg-, Eisenbahn- und Bau-Ingenieure, Steinbruchs- und Bergwerksbesitzer, Forst- und Landwirthe, sowie für die Ingenieur-Officiere des Landheeres und der Marine und zum Selbststudium.

Nach den neuesten Erfahrungen bearbeitet von

Dr. Fr. Böckmann
technischer Chemiker.

Mit 67 Abbildungen.

Zweite, gänzlich umgearbeitete Auflage.

Wien. Pest. Leipzig.
A. Hartleben's Verlag.
1895.

(Alle Rechte vorbehalten.)

Digitized by Google

Cty
B664
auf 2

JAN 6 1922

Druck von Friedrich Jasper in Wien.

Digitized by Google

Vorwort.

Seit dem ersten Erscheinen dieses Buches ist eine bedeutende Zahl wichtiger neuer Erfindungen auf dem großen Gebiete der Explosivstoffe zu verzeichnen, welche immer mehr dazu führten, das alte Schwarzpulver zu verdrängen. Auch in der Fabrikation der Explosivstoffe gelangten viele Verbesserungen zur Einführung, welche dieselbe nicht nur rationeller, sondern auch minder gefährlich machten. Alle diese Neuerungen, sowie die Erfahrungen, welche man mit den Explosivstoffen machte, haben in der Neuauflage eingehende Berücksichtigung gefunden.

Das große Materiale brachte es jedoch mit sich, daß der Inhalt des Buches nicht nur eine neue Gliederung erfahren, sondern auch vollständig umgearbeitet und bedeutend erweitert werden mußte. Viele neue Abschnitte sind hinzugekommen, so über die modernen rauchschwachen Pulverarten, die Diazoverbindungen u. s. w. Wenn auch explosive Stoffe behandelt wurden, welche in der Praxis noch keine Verwendung fanden, wie z. B. die von Curtius entdeckte Stickstoffwasserstoffsäure, so geschah dies in der Absicht, eine nach Möglichkeit vollständige Uebersicht über alle Explosivstoffe zu geben. Denn es ist durchaus nicht aus-

Digitized by Google

geschlossen, daß der eine oder andere bisher noch wenig erforschte explosive Körper binnen kurzer Zeit eine hohe Bedeutung für die Praxis erlangt.

Auch die theoretische Seite der Explosivstoffe hat den neuen Forschungen entsprechende Behandlung gefunden. In großen Zügen wurden die chemischen Vorgänge bei der Fabrikation besprochen, insbesondere aber die Zersetzungsvorgänge bei der Explosion der Sprengstoffe, letztere unter Zugrundelegung der neuesten Arbeiten auf diesem Gebiete von Debus, sowie hauptsächlich von Sarrau und Vieille aufgenommen.

Ebenso erfuhr die Zahl der Abbildungen eine bedeutende Vermehrung.

Der Verfasser hofft daher, daß auch die zweite Auflage seines Buches, welches, wie seinerzeit die erste, alles Wissenswerthe auf dem großen Gebiete der Explosivstoffe unter Berücksichtigung alles Neuen umfaßt, die gleiche wohlwollende Aufahme finden möge.

Dr. Fr. Böckmann.

Digitized by Google

Inhalts-Verzeichniß.

Seite

Vorwort III

Einleitung 1

Erster Theil.

Natur und Eintheilung der explosiven Stoffe . 4

1. Explosivstoffe mit salpetersaurem Kalium 10. — 2. Explosivstoffe mit chlorsaurem Kalium 11. — 3. Explosivkörper mit Ersatzstoffen für die Kohle 11. — 4. Explosivkörper mit Ersatzstoffen für den Schwefel 11. — 5. Explosivstoffe mit organischen Nitroverbindungen 12. — 6. Metallische Explosivstoffe oder Knallpräparate 13.

Das Schwarzpulver (mit Fig. 1—8) 14

Die Bestandtheile des Schwarzpulvers 18

1. Der Schwefel 18. — 2. Der Kalisalpeter 33. — Die Kohle 51.

Die physikalischen Eigenschaften der Holzarten, soweit sie bei der Fabrikation der Pulverkohle in Betracht kommen 56.

Digitized by Google

Seite

Die Fabrikation des Schwarzpulvers (mit Fig. 9—23) 83

1. Das Kleinen, Mengen und Dichten in einer Operation 94. — 2. Das getrennte Kleinen der einzelnen Bestandtheile 99. — 3. Das Mengen der gekleinten Bestandtheile 105. — 4. Das Dichten oder Pressen des Pulversatzes 108. — Das Körnen 115. — 6. Das vorläufige Lufttrocknen 121. — 7. Das vorläufige Sortiren und Ausstäuben 123. — 8. Das Abrunden (Poliren) des Pulvers 123. — 9. Das Trocknen des Pulvers 126. — 10. Das Ausstäuben des Pulvers 128. — 11. Das Sortiren des Pulvers. 131. — 12. Das Vermengen des Pulvers 131.

Die gepreßten Pulversorten 132

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Schwarzpulvers (Theorie der Verbrennung) 140

1. Die physikalischen Eigenschaften . . . 140

a) Das kubische Gewicht (gravimetrische oder Maßdichtigkeit 144. — b) Das relative specifische Gewicht des Pulvers (Korndichtigkeit) 144. — c) Das absolute specifische Gewicht (Massendichtigkeit) 146. — d) Der Feuchtigkeitsgehalt des Pulvers 149.

2. Die chemischen Eigenschaften 150

a) Die Entzündlichkeit 151. — b) Die Verbrennungs-Producte des Schwarzpulvers 154. — c) Die Verbrennungs-Geschwindigkeit 165. — d) Die Verbrennungswärme und absolute Verbrennungs-Temperatur 166. — e) Gasspannung und Triebkraft des Pulvers 168. — f) Schädlichkeit der Pulvergase 170.

Schwarzpulverähnliche explosive Mischungen . . 171

1. Explosive Mischungen, welche die Bestandtheile des Schwarzpulvers in abgeänderten Gewichtsverhältnissen enthalten 172

Digitized by Google

Seite

2. Explosivkörper mit Ersatzstoffen für den Kalisalpeter . 175
a) Explosive Mischungen, in welchen der Kalisalpeter durch Natronsalpeter ersetzt ist 175. — b) Explosive Mischungen, in welchen der Kalisalpeter durch Barytsalpeter ersetzt ist 178. — c) Explosive Mischungen, in welchen der Kalisalpeter durch salpetersaures Ammon vertreten ist 179. — d) Explosive Mischungen, in welchen der Kalisalpeter durch chlorsaures Kalium ersetzt ist 180.

3. Explosivkörper mit Ersatzstoffen für die Kohle . . . 186

4. Explosivkörper mit Ersatzstoffen für den Schwefel . . 187

Die Nitroverbindungen (mit Fig. 24—37) 190

I. **Die Nitrocellulosen** 195

1. Die Schießbaumwolle 195
2. Die Collodiumwolle 238
3. Andere Nitrocellulosen 242
4. Das rauchschwache Pulver 245

II. **Das Nitroglycerin** 257

1. Die Darstellung des Nitroglycerins 263
2. Die Nitroglycerin-Präparate (Dynamite und Sprenggelatine) 289
a) Dynamite mit chemisch unwirksamem Aufsaugestoff 292. — b) Dynamite mit chemisch wirksamem Aufsaugestoff 299.

III. **Sprengels Explosivstoffe** 314

IV. **Die Pikratpulver** 320

V. **Nitrostärke und Nitrozucker** 330

Diazoverbindungen und Stickstoffwasserstoffsäure . 335

Das Knallquecksilber 337

Anhang: Die Herstellung der Zündsätze 342

Die Beurtheilung der Explosivstoffe (mit Fig. 38—47) 347

a) Bestimmung der Triebkraft 348

b) Bestimmung der Geschoßgeschwindigkeit 351

Digitized by Google

Seite

c) Bestimmung des Gasdruckes 355
d) Bestimmung der Sprengkraft 357

Zweiter Theil.

Die Anwendung der explosiven Stoffe . . . 362

I. Verpackung, Aufbewahrung und Transport der explosiven Stoffe 362

II. Die Sprengtechnik (mit Fig. 48—67) . . . 367

1. Herstellung der Bohrlöcher 368
2. Die Zündmittel 374
3. Anwendung und Wirkung der explosiven Stoffe . . 386

Die Minenwirkung der explosiven Stoffe 388.

Anhang.

Polizei-Verordnung, betreffend den Verkehr mit Sprengstoffen 399

Digitized by Google

Die explosiven Stoffe.

Digitized by Google

Digitized by Google

Einleitung.

Compaß, Buchdruckerkunst und Schießpulver haben das Mittelalter gestürzt und eine neue, bessere Zeit herbeigeführt. Seitdem Flavio Gioja zu Anfang des XIV. Jahrhunderts die wunderbare Eigenschaft der Magnetnadel, nach Norden zu zeigen, auf die Schifffahrt anwandte, wagten sich kühne Seefahrer auf das Weltmeer, Amerika und der Seeweg nach Ostindien wurden entdeckt. Und wie dort mit Hilfe des Compasses neue Welten gefunden wurden, nahm die Erfindung der Buchdruckerkunst den Schleier vom geistigen Auge der Menschheit und that sich auch hier eine neue Welt auf, deren Schätze köstlicher und unvergänglicher sind als der neu entdeckten Länder lauteres Gold, welches die spanischen Eroberer auf stolzen Flotten frohlockend entführten. Was immer vor Jahrhunderten Schönes und Edles Menschenherzen und Menschengeister bewegte, es geht nicht verloren im Meere der Zeit, die stumme Sprache der Lettern überliefert es auf die kommenden Geschlechter bis in die fernste Zukunft.

Dem Compaß und der Buchdruckerkunst, diesen Beglückern der Menschheit, und letzterer selbst, steht auf den ersten Blick das Schießpulver schier feindlich gegenüber. Wir denken an die Millionen blühender Menschenleben, welche die mörderische Kraft des Pulvers schon dahingerafft und verstümmelt, an das Thränenmeer, welches die Gefallenen beweinte, an die grauenvolle Verwüstung, welche die zer-

Digitized by Google

störenden Geschosse schon angerichtet an dem von Menschenhand mühsam Geschaffenen! Und dennoch ist das Schießpulver kein Feind, sondern vielmehr ein Freund und Wohlthäter der Menschen zu nennen. Ganz abgesehen von den großen Verdiensten des Schießpulvers als Sprengmittel, wurden mit seiner Hilfe die Kriege zwar blutiger, aber auch kürzer und menschlicher. Die Einführung der Feuerwaffen beschleunigte den Untergang des entarteten Ritterthums, an Stelle des eisengepanzerten ritterlichen Heerbannes trat ein geübtes aus Söldnern bestehendes und mit Musketen bewaffnetes Fußvolk, und endlich ein stehendes Heer, welches der souveränen Fürstengewalt und damit geordneten Verhältnissen, unter denen allein Kunst und Wissenschaft, Handel und Wandel auf die Dauer gedeihen können, den Sieg verhalf über die jämmerlichen und lockeren Feudalzustände des Mittelalters. Der Nahkampf mit seinem grauenvollen Gemetzel wurde mit Vervollkommnung der Schießwaffen immer seltener, bis er aus den Kriegen unserer Tage so gut wie völlig verschwunden ist. Wahrlich, man braucht nicht zu Denjenigen zu gehören, welche in der etwaigen einstigen Beseitigung der Kriege die physische Entartung des Menschengeschlechtes erblicken, um einzusehen, daß das Schießpulver weit mehr der Menschheit genützt als geschadet hat.

Zu dem Schießpulver, welches bis vor wenigen Jahrzehnten souveräner Alleinherrscher auf seinem Gebiete war, sind in neuerer Zeit eine Masse anderer explosiver Stoffe als Concurrenten getreten, Stoffe, die meist noch weit furchtbarer in ihrer Wirkung und gefährlicher und tückischer in ihrer Handhabung sind. Und doch würde Derjenige kurzsichtig genannt werden müssen, der wegen dieser furchtbaren Eigenschaften das ganze Heer der neuen Explosivstoffe am liebsten auf ewige Zeiten verbannt sähe. Der erfindende Menschengeist wird auch hier nicht ruhen noch rasten, bis er die Riesenkräfte dieser Stoffe völlig gezähmt hat, so daß sie nur nach seinem Willen in ihrer furchtbaren Gewalt sich entfesseln. Schon heute aber wiegt der unendliche Nutzen, den uns diese explosiven Stoffe bei der durch ihre Anwen-

Digitized by Google

dung gewaltig vervollkommneten Sprengtechnik in der Ersparung an Zeit, Geld und Arbeitskräften leisten, die Nachtheile reichlich auf, die mit ihrem Gebrauche verknüpft sind. Deshalb nicht »Wehe!« sondern »Heil!« den explosiven Stoffen! Sie sind mit dem Fortschritte unserer Tage so innig verbunden wie Dampfkraft und Elektricität.

Ueberdies ist auch zu bedenken, daß durch die fortwährende Vervollkommnung der Explosivstoffe, und der Mittel, sie zu dem furchtbaren Zwecke, zur Vernichtung von Menschenleben zu verwenden, die Zeit kommen wird, in welcher ein Krieg unmöglich ist. Die Epoche des nothwendigen Blutvergießens ist dann vorbei und die unter Umständen erforderlichen Explosivstoffe dienen in der Hand des Menschen nur mehr dazu, die Segnungen des Friedens zu fördern, den Eisenbahnen und der Schiffahrt neue Wege zu eröffnen, in die Eingeweide der Erde vorzudringen und ihre Schätze ans Tageslicht zu fördern.

Digitized by Google

Erster Theil.

Natur und Eintheilung der explosiven Stoffe.

Explosivkörper sind solche feste oder flüssige Stoffe, welche sich plötzlich in den gasförmigen Zustand versetzen lassen. Die hierbei entstehenden Gase verursachen eine Erschütterung und in Folge dessen eine wellenförmige Bewegung der Luft, die sich vom Erschütterungs-Mittelpunkte aus nach allen Richtungen gleichmäßig fortpflanzt und die, falls sie unser Ohr trifft, als Schallempfindung wahrgenommen wird. Im Gegensatze zu den Wellenbewegungen, welche die sich regelmäßig wiederholenden Schwingungen tönender Körper hervorrufen, empfinden wir die durch rasche Verbrennung der Explosivstoffe verursachte plötzliche, gewaltige und unregelmäßige Lufterschütterung in unserem Gehörorgan als Explosion. Dieselbe wird also bewirkt durch die große Menge von Gasen, welche sich binnen verschwindend kurze Zeit bei der Verbrennung des explosiven Stoffes aus letzterem entwickeln. Die nächste Frage daher, die sich uns nun aufdrängt, ist: »Wodurch ist diese plötzliche und bedeutende Gasentbindung ermöglicht?« Wir sehen ohneweiters ein, daß der Grund hiervon in der chemischen Beschaffenheit der Explosivstoffe zu suchen ist.

Digitized by Google

Was die chemische Zusammensetzung dieser großen Classe von Körpern anbelangt, so enthalten die meisten einen Sauerstoffträger, das heißt eine feste oder flüssige Substanz, die Sauerstoff locker gebunden enthält und denselben demgemäß auch leicht auf die in der Explosivmischung enthaltenen organischen Stoffe überträgt. Alle organischen (das heißt kohlenstoffhältigen) Körper sind mit Sauerstoff ungesättigte Verbindungen, vermögen also (in höherer Temperatur) sich mit Sauerstoff zu vereinigen und liefern dabei Kohlensäure, Wasserdampf und Stickstoff als Verbrennungsproducte, also drei gasförmige Körper. Die Kohlensäure hat sich hierbei aus dem Kohlenstoff, der Wasserdampf aus dem Wasserstoff der organischen Substanz gebildet, und nur der Stickstoff bleibt bei diesem Verbrennungsprocesse (in der Regel wenigstens) vermöge seines indifferenten chemischen Charakters unverbunden und wird als solcher aus der organischen Substanz entwickelt. Sehen wir uns einmal die Sauerstoffträger explosiver Stoffe etwas näher an, so finden wir als solche: beim Schießpulver den Salpeter, beim Chloratpulver das chlorsaure Kalium, bei Sprengel's sauren Explosivstoffen die Salpetersäure u. s. w.

Als organische Bestandtheile von explosiven Mischungen werden wir kennen lernen verkohltes Holz (beim Schwarzpulver und den schwarzpulverähnlichen Explosivstoffen), flüssige und feste Kohlenwasserstoffe (wie Nitrobenzol und Pikrinsäure bei Sprengel's sauren Explosivstoffen) und außerdem ein ganzes Heer von organischen Abfallstoffen (wie Sägemehl, Stroh, gebrauchte Gerberlohe u. s. w.).

Nicht immer jedoch muß ein Explosivstoff aus einem Sauerstoffträger und einem organischen Bestandtheil (das heißt also aus mindestens zwei Bestandtheilen) zusammengesetzt sein. Gerade die am gewaltigsten wirkenden Explosivstoffe, Schießbaumwolle und Nitroglycerin, können für sich allein, ohne jede weitere Vermischung mit einem anderen Körper, zur heftigen Explosion gebracht werden. Wir folgern hieraus, daß die genannten beiden Stoffe jeder in sich Sauerstoffträger und organischen Be-

Digitized by Google

standtheil zugleich vereinigt. In der That sind ja beide organische, aus organischem Rohmaterial (Baumwolle und Glycerin) gewonnene Stoffe; in beiden aber ist auch durch vorhergegangene Behandlung mit einem Sauerstoffüberträger (Salpetersäure) eine sauerstoffhaltige Verbindung (die Untersalpetersäure) eingeführt und chemisch mit der organischen Substanz verbunden worden. Schießbaumwolle und Nitroglycerin müssen deshalb auch im Stande sein, für sich allein zu explodiren. Es ist eine innere Selbstverbrennung, die beide Stoffe bei der Explosion erleiden. Allerdings ist die in der Schießbaumwolle für diese Selbstverbrennung vorhandene Sauerstoffmenge nicht ganz ausreichend, so daß noch etwa 9 Percent unverbrannter Kohlenstoff unter den Zersetzungsproducten (Kohlensäure, Wasserdampf und Stickstoff) sich finden. Wir sehen deshalb auch ein, weshalb man öfters die Schießbaumwolle noch mit Salpeter mengt. Es sollen eben durch diesen Zusatz eines Sauerstoffüberträgers die erwähnten 9 Percent Kohlenstoff noch verbrannt, das heißt also eine vollständigere Explosion erzielt werden. Beim Nitroglycerin dagegen ist ein solcher Zusatz überflüssig, denn es ist so mit Sauerstoff gesättigt, daß bei seiner Explosion neben Kohlensäure, Wasserdampf und Stickstoff noch über 3 Percent freier, das heißt also überschüssiger Sauerstoff in den Explosionsgasen vorhanden sind.

Einige wenige Explosivstoffe giebt es auch, deren Explosion nicht sowohl in einer Verbrennung der explosiven Substanz, als vielmehr in einem (durch Wärme, Druck oder Stoß bewirkten) Auseinanderfallen der einzelnen Bestandtheile der Verbindung besteht. Hierher sind Chlorstickstoff und Jodstickstoff (ersterer ein ölartiger, letzterer ein fester Körper) zu rechnen, zwei äußerst leicht und heftig explodirende Stoffe, die bei der Explosion einfach in ihre Bestandtheile zerfallen. Im Chlorstickstoff sind zwei Gase (Chlor und Stickstoff) auf künstlichem Wege gewissermaßen zusammengeschmiedet. Unter gewöhnlichen Verhältnissen haben die beiden genannten Gase kein Bestreben, sich mit

Digitized by Google

einander zu vereinigen, und sie tragen demgemäß diese künstliche, vorübergehende Vereinigung nur gezwungen. Beide sind im Chlorstickstoff sozusagen stets auf dem Sprunge, den ihnen zukommenden gasförmigen Aggregatzustand wieder anzunehmen. Und der leiseste Impuls hierzu von außen (z. B. schon die Berührung des Chlorstickstoffes mit Phosphor und verschiedenen fetten Oelen) bewirkt die Zersetzung. Mit furchtbarem Knalle und Zerschmetterung selbst gußeiserner Gefäße erfolgt die Explosion, das heißt der Uebergang von Chlor und Stickstoff in ihren ursprünglichen Gaszustand.

Auch von den anderen Explosivstoffen können wir des besseren Verständnisses halber annehmen, daß sie in ihren Mischungen verdichtete Gase oder doch solche Bestandtheile enthalten, welche bei geringer Zufuhr von Wärme durch chemische Umsetzung sich in Gase umwandeln. So enthält in dem Schießpulver der Kalisalpeter Stickstoff und Sauerstoff an das feste Kalium gebunden. Von diesen beiden Gasen hat der Sauerstoff bei Zufuhr von Wärme (beim Erhitzen, Nähern einer Flamme u. s. w.) ein äußerst starkes Bestreben, sich mit der im Schießpulver enthaltenen Holzkohle zu verbinden und Kohlensäure (also ebenfalls ein Gas) zu bilden. Dieses Vereinigungs-Bestreben ist bei genügender Erwärmung des Pulvers so stark, daß der Salpeter in seine Bestandtheile Kali, Stickstoff und Sauerstoff gespalten und aus letzterem und der Holzkohle Kohlensäure gebildet wird. Zugleich können wir der Einfachheit halber vorläufig annehmen, daß das Kali mit dem Schwefel des Schießpulvers sich zu Schwefelkalium verbindet und daß also Kohlensäure, Stickstoff und Schwefelkalium als Zersetzungsproducte bei der Explosion des Schießpulvers entstehen. Wir müssen weiter annehmen, daß gerade so wie aus dem Chlorstickstoff jeden Augenblick seine Bestandtheile Chlor und Stickstoff auf dem Sprunge stehen, unter Explosion sich als Gase zu verflüchtigen, auch im Schießpulver die in ihm enthaltenen Bestandtheile, Salpeter, Kohle und Schwefel nur des leisesten äußeren Anlasses harren, um sich unter Bildung von gas-

Digitized by Google

förmigen Explosionsproducten chemisch mit einander umzusetzen. — Ebenso verwandelt sich ein Flocken Schießbaumwolle, den wir in eine Gasflamme werfen oder in einem einseitig offenen Glasröhrchen (Probirröhrchen) gelinde erhitzen, plötzlich unter leisem, zischendem Geräusch in seine gasförmigen Zersetzungsproducte. Die einen Explosivstoffe haben ein *größeres*, die anderen ein *geringeres* Bestreben, sich theilweise oder völlig in Gase zu verwandeln; bei *allen* jedoch ist dieses Bestreben vorhanden, und je nach seiner sich äußernden Stärke unterscheiden wir *leicht* und *schwer explodirbare* Körper.

Wir können demnach eine Explosion auch bezeichnen als die plötzliche Auslösung jener Kraft, welche die kleinsten Theilchen von gasförmigen Substanzen, die ja unablässig streben, sich gegenseitig abzustoßen und sich gleichsam in unbeschränktem Maße im Raume zu zerstreuen, zusammenhielt oder comprimirte.

Die gewaltige treibende oder sprengende Wirkung, welche die Explosivstoffe äußern, ist uns nach dem Gesagten schon theilweise verständlich. Die aus einem kleinen Volumen des explosiven Stoffes plötzlich entwickelte bedeutende Gasmenge ist es eben, welcher diese kolossale Kraftäußerung zunächst zuzuschreiben ist. Hierzu kommt aber noch, daß die gebildeten Explosionsgase (wie alle Gase überhaupt) sich für jeden Grad (Celsius) Temperaturerhöhung um $^1/_{273}$ ihres ganzen Rauminhaltes ausdehnen. 273 Liter Gas von Null Grad C. werden also, wenn auf 273 Grad C. erhitzt, gerade das doppelte ursprüngliche Volumen einnehmen. Noch weit beträchtlicher ist die Volumvermehrung der aus den explosiven Stoffen gebildeten Gase. Denn wir haben es hier mit Explosions-Temperaturen von mehreren tausend Graden zu thun. So liefert beispielsweise 1 Liter Nitroglycerin (Sprengöl) ungefähr 1300 Liter Gase (kalt gemessen), die aber, Dank der bei der Explosion herrschenden hohen Temperatur, auf das achtfache Volumen ausgedehnt werden. Demgemäß giebt 1 Liter Nitroglycerin bei seiner Explosion nicht weniger als 10.400 Liter Gase. Wir be-

Digitized by Google

greifen, daß Alles, was der unmittelbaren Wirkung eines so gewaltigen Gasdruckes ausgesetzt ist, unfehlbar der Vernichtung preisgegeben ist. Findet der explosive Stoff sich in der Ausdehnung seiner Explosionsgase nicht auf allen Seiten gehemmt, sondern giebt eine Stelle, wie dies beim Geschütz beispielsweise das Projectil thut, nach, so ist es klar, daß letzteres mit unwiderstehlicher Gewalt durch den Gasdruck aus dem Rohre gejagt wird.

Die Explosivstoffe können, je nach der Entzündungstemperatur und der Heftigkeit, mit welcher die Gasentwicklung auftritt, in drei große Gruppen eingetheilt werden.

I. Impulsive Explosivstoffe, welche eine hohe Entzündungstemperatur benöthigen, jedoch relativ langsam verbrennen. Sie finden sowohl als treibendes Mittel für Geschosse in Feuerwaffen, als auch zu Sprengzwecken, namentlich in Hohlgeschossen und Minen Anwendung.

II. Brisante Explosivstoffe. Diese benöthigen ebenfalls eine hohe Entzündungstemperatur, verbrennen jedoch sehr rasch und heftig. Sie finden nur als Sprengmittel Verwendung, da sie ihrer großen Heftigkeit wegen, mit welcher sie explodiren, auf Feuerwaffen in hohem Grade zerstörend wirken würden.

III. Fulminante Explosivstoffe. Diese werden schon durch eine niedere Temperatur zur Explosion gebracht, doch geht diese mit der größten Heftigkeit und Geschwindigkeit unter großer Gasentwicklung von statten, sie dienen als Zündmittel für andere Explosivstoffe.

Die impulsiven Explosivstoffe werden gewöhnlich durch Feuer, die brisanten durch hohen Druck, die fulminanten durch eine geringere mechanische Einwirkung zur Explosion gebracht. Brisante Explosivstoffe brennen bei Berührung mit einer gewöhnlichen Flamme nur lebhaft ab, ohne eine lebhafte Gasentwicklung zu zeigen, da bei diesen die Explosionstemperatur bedeutend höher liegt, als die Entzündungstemperatur. Aus diesem Grunde kann man z. B. auch Dynamit, ohne eine Explosion fürchten zu müssen, in einer Flamme verbrennen. Bedeutend

Digitized by Google

gefährlicher sind jedoch die fulminanten Explosivstoffe, welche äußerst leicht zur Explosion gebracht werden können. Bei diesen ist eben die Entzündungstemperatur mit der Explosionstemperatur identisch. Die Verbrennungsgeschwindigkeit kann bei den impulsiven Explosivstoffen durch die äußere Form derselben bis zu einem gewissen Grade beherrscht werden, bei den brisanten dagegen ist dies nur in wenigen Fällen möglich. — Explosivstoffe, deren Entzündungstemperatur mit der Explosionstemperatur identisch ist, werden auch als »direct wirkende Explosivstoffe« bezeichnet, während man solche mit höher liegender Explosionstemperatur auch als »indirect wirkende« bezeichnet.

Mit Bezug auf die Zusammensetzung können die Explosivstoffe sowohl mechanische Gemenge, als auch chemische Verbindungen sein. Bei der ersten Gruppe ist der Sauerstoffträger ein salpetersaures oder chlorsaures Salz, die Beimengungen sind leicht abbrennbare Stoffe, wie Holzkohle, Schwefel, Zucker u. s. w. Die chemischen Verbindungen sind knallsaure Salze, oder Nitroverbindungen organischer Substanzen, wie von Baumwolle, Holzfaser (Cellulose), Stärkemehl, Glycerin u. s. w., welche durch Behandlung mit dem Nitrirungsgemische (concentrirte Salpetersäure und Schwefelsäure) Stickstoff und eine reichliche Menge Sauerstoff aufnehmen. Durch gewisse Beimengungen können manche der Nitroverbindungen technisch besser verwerthbar gemacht werden (Dynamit).

Unter Berücksichtigung der chemisch wirksamen Bestandtheile können die Explosivstoffe in folgende Eintheilung gebracht werden:

1. Explosivstoffe mit salpetersaurem Kalium

als Sauerstoffträger, Holzkohle als Brennstoff und Schwefel als Zusatz zur Förderung des Verbrennungsprocesses und Erhöhung der Aufbewahrungsfähigkeit. In diese Gruppe gehört das gewöhnliche oder schwarze Schießpulver, ferner

Digitized by Google

das braune Pulver und in den Verhältnißzahlen abweichende Pulverarten von Neumeyer, Champy und Bennet.

Als Ersatz für den Kalisalpeter finden Verwendung:

a) Salpetersaures Natrium, so z. B. in Pyronone von Regnaud, ferner im Brise-rocs von Robaudie, im Pyrolithe humanitaire von Terré und Mercadro, im Steinbrech von Wetzlar, sowie in den Pulvern von Davey, Oxland, Eaton, Schwarz, Schäffer und Budenberg.

b) Salpetersaurer Baryt, hieher gehört das belgische Barytpulver und das Saxifragin.

c) Salpetersaures Ammon bei grobkörnigen Pulversorten.

2. Explosivstoffe mit chlorsaurem Kalium

als Sauerstoffträger, wie das muriatische Schießpulver von Berthollet, ferner die Pulver von Kellow und Short, Hafenegger, Pudrolith von Oller, dann die weißen Pulver, wie Augendves Schießpulver, sowie die von Krafft, Callou, Spence, Ehrhardt, Hahn, Horsley u. a.

Als Ersatz für das chlorsaure Kalium findet überchlorsaures Kalium Verwendung, so in Nisser's Pulver u. a.

3. Explosivkörper mit Ersatzstoffen für die Kohle.

Die Kohle wird in manchen Explosivstoffen durch die verschiedensten Körper ersetzt, so z. B. durch Sägemehl, Kleie, extrahirte Gerberlohe, Stärke, Zucker, Blutlaugensalz, Seignettesalz, weinsaures Kalium, humussaures Ammonium, Catechu, Gerbsäure u. a. Viele der im Vorstehenden aufgezählten Explosivkörper enthalten derartige Stoffe.

4. Explosivkörper mit Ersatzstoffen für den Schwefel.

Hieher gehören das Haloxylin, Collodin, Vigorit von Bjorkmann, das Xanthatpulver u. v. a.

Digitized by Google

5. Explosivstoffe mit organischen Nitroverbindungen.

a) Explosivstoffe mit Nitrocellulose. Hieher gehören die Schießbaumwolle, Collodiumwolle, nitrirtes Holz von Schultze, Dualin, Abels oder Brugères Pulver, ferner die meisten rauchschwachen Schießwollpulver (Cotton gunpowder) u. v. a.

b) Explosivstoffe mit Nitroglycerin. Diese Explosivstoffe haben die größte Bedeutung erlangt, in diese Gruppe gehören außer dem Nitroglycerin alle Dynamite, die Sprenggelatine u. s. f.; ferner manche rauchschwache Pulverarten.

c) Explosivstoffe von Dr. Sprengel. Diese im Jahre 1870 erfundenen Explosivstoffe bestehen aus zwei an und für sich nicht explodirbaren Componenten, welche erst kurz vor ihrer Verwendung zusammengebracht werden, und dann ein Gemenge von großer Explosionswirkung abgeben. Die eine dieser Componenten ist meist Salpetersäure, seltener ein anderer Sauerstoffträger anorganischer Natur, während der andere organischer Abstammung ist, es findet zumeist eine Nitroverbindung der aromatischen Reihe, wie Nitrobenzol (Mirbanöl), Dinitrobenzol, Trinitrophenol, Nitronaphtalin, jedoch auch Schwefelkohlenstoff oder aber Pikrinsäure Verwendung. Directe Explosivstoffe sind z. B. Panklastit, Hellhoffit, Emmensit, Rackerock, Romit u. s. w.

d) Explosivstoffe mit Nitrorohrzucker, Nitrostärke, Nitromannit ꝛc. Derartige Verbindungen finden gewöhnlich zu dem Zwecke Anwendung, durch ihre eigene Explosion die anderer Explosionsstoffe einzuleiten, indem man sie zur Füllung von Zündhütchen verwendet. Auch das Uchatiuspulver gehört in diese Gruppe.

e) Explosivstoffe mit Pikrinsäure (Pikratpulver).

f) Explosivstoffe mit salpetersaurem oder chromsaurem Diazobenzol (Knallanilin).

Digitized by Google

6. Metallische Explosivstoffe, auch Knallpräparate

genannt, wie Knallgold, Knallsilber und Knallquecksilber.

Wie groß übrigens die Zahl der verschiedenen Abarten der Sprengmittel ist, geht aus folgender Zusammenstellung, welche aus dem Jahre 1889 stammt, hervor.

	Abarten
Schießpulver	16
Nitratmischungen von anderer Zusammensetzung	63
Chloratmischungen	67
Nitroglycerin enthaltende Mischungen	82
Schießbaumwolle und andere Nitroverbindungen	64
Pikrinsäuremischungen	11
Sprengel's Explosivstoffe	5
Verschiedene Explosivstoffe einschließlich der Fulminate	40
	348

Nach diesen einleitenden Betrachtungen wenden wir uns nunmehr der Besprechung des Schwarzpulvers zu.

Digitized by Google

Das Schwarzpulver.

Geschichte. Wann und von wem das Schwarzpulver erfunden wurde, läßt sich bei dem Mangel an sicheren Nachrichten hierüber nicht feststellen. So viel jedoch steht fest, daß weder Roger Baco im Jahre 1220 (wie die Engländer behaupten), noch der deutsche Mönch Berthold Schwarz, der wahrscheinlich gar nicht gelebt hat, im Jahre 1320 bei alchemistischen Versuchen das Schießpulver erfunden hat. Die Erfindung des Schießpulvers verliert sich vielmehr in eine Zeit, die wahrscheinlich unserer heutigen Zeitrechnung vorherging, und bestimmt nicht mit derjenigen zusammenfällt, in welcher das Schießpulver zuerst in Europa zum Kriegsgebrauche angewendet wurde.

Am meisten Wahrscheinlichkeit hat die Ansicht für sich, daß das Schießpulver in Ostasien (China oder Ostindien) erfunden worden sei. In diesen Ländern finden sich Salpeterlager und an vielen Stellen wittert der Salpeter dort aus der Erde heraus. Es ist also wohl gut denkbar, daß Chinesen und Indier schon früh das Verpuffen des Salpeters auf glühender Kohle beobachtet haben, daß man späterhin, statt den Salpeter auf glühende Kohlen zu werfen, beide Bestandtheile vorher innig mit einander mischte, und daß man schließlich auf die Idee kam, dieser Mischung den als höchst brennbar bekannten Schwefel als dritten Bestandtheil zuzufügen.

Nach in einem alten hindustanischen Gesetzbuch sich findenden Bemerkungen hat man die Erfindung des Schieß-

Digitized by Google

pulvers auf das Zeitalter von Moses zurückführen wollen. — Nach einer Stelle des »Leben des Apollonius Tyrnäus« von Philostratus haben die zwischen dem Bey und Ganges wohnenden Völker das Schießpulver vielleicht schon zur Zeit Alexanders des Großen gekannt. Es wird nämlich in dieser Schrift der Abneigung Alexanders gegen einen Krieg mit diesen Völkern gedacht, »weil sie unter dem besonderen Schutz der Götter standen und daher im Stande waren, ihre Feinde von den Wällen herab mit Donner und Blitz zu vernichten«.

In den Schriften Vitruv's wird berichtet, daß im Jahre 212 v. Chr. beim Angriffe des Marcellus auf das von Archimedes so geschickt und hartnäckig vertheidigte Syrakus eine Kriegsmaschine des Archimedes »mit großem Geräusch« Steine fortschleuderte. Es läßt sich dies nur damit erklären, daß Archimedes schon eine dem Schießpulver sehr ähnliche Mischung als treibende Kraft angewendet habe; denn die sonstigen damaligen Wurfmaschinen schleuderten ihre Geschosse ohne besonderes Geräusch.

Mit Schießpulver gefüllte Raketen sind seit undenklichen Zeiten schon den indischen Völkern bekannt gewesen.

Von mehreren Schriftstellern wird berichtet, daß die Chinesen bereits im I. Jahrhundert n. Chr. in Geschützen Schießpulver abbrannten. Allerdings stimmt damit wieder die Thatsache nicht recht, daß noch im Jahre 1621 der Kaiser von China über die Wirkung dreier ihm von der Stadt Macao geschenkten Geschütze im höchsten Grade erstaunt war.

Eine dem Schießpulver jedenfalls sehr ähnlich zusammengesetzte Mischung war das griechische Feuer, von dessen wunderbaren Wirkungen uns eine Menge Schriftsteller mehr oder weniger glaubwürdige Erzählungen überliefert haben. Die Natur seiner Bestandtheile läßt sich aus den verworrenen und sich vielfach widersprechenden Schilderungen nicht mit Sicherheit entnehmen. Doch hat man vielfach angenommen, daß das griechische Feuer aus Salpeter, Schwefel, Pech und Harz bestanden habe, welche

Digitized by Google

Mischung mit brennbaren Oelen (Bergöl, Naphtha u. s. w.) zusammengeschmolzen wurde. Das griechische Feuer soll bei der Entladung zunächst einen dicken Rauch entwickelt haben, dem ein Knall und bald darauf die Flamme folgte. Der Erfinder des griechischen Feuers soll Kallinikos aus Heliopolis (um 668 n. Chr.) gewesen sein.

Mit Erfolg wendete namentlich Kaiser Constantin IV. Pogonatus im Jahre 678 n. Chr. das griechische Feuer gegen die Araber an, die Constantinopel angriffen. Er verbrannte damit mehrere arabische Schiffe, da der Stoff die Eigenschaft besaß, auch unter Wasser fortzubrennen. Vierhundert Jahre lang blieb die Zusammensetzung und Bereitung des griechischen Feuers als streng bewahrtes Geheimniß im alleinigen Besitze der Byzantiner, bis es schließlich den Sarazenen verrathen und von denselben gegen die Christen in den Kreuzzügen angewendet wurde. Mit der praktischen Einführung des Schießpulvers im XIV. Jahrhundert mußte das griechische Feuer seinem weit vollkommeneren Rivalen weichen.

Aus der Mitte des VIII. Jahrhunderts existirt ein Buch von Marcus Graecus, welches sich »Liber ignium« (das heißt »Das Buch der Feuer« oder dem Sinne nach übersetzt »Das Buch der entzündbaren Mischungen«) betitelt. Marcus Graecus führt in demselben eine Mischung an, welche genau die Bestandtheile des Schießpulvers, nur in etwas abweichenden Gewichtsverhältnissen, enthält. Die entzündbare Mischung des Marcus Graecus enthielt nach seiner eigenen Angabe 1 Theil Schwefel, 2 Theile Kohle und 6 Theile Salpeter. Vergleichsweise sei hier die Zusammensetzung des Militärpulvers für das Deutsche Reich angegeben. Dieselbe ist: 1 Theil Schwefel, 1·6 Theil Kohle und 7·4 Theile Salpeter. Man sieht also, die Mischung von Marcus Graecus war eine unserem modernen Schießpulver höchst ähnliche. Marcus Graecus empfiehlt übrigens auch schon, zur Gewinnung der Pulverkohle Weidenholz zu verkohlen.

Digitized by Google

So viel geht aus all' dem Gesagten hervor, daß die Erfindung und Anwendung des Schießpulvers weit in das Alterthum, wahrscheinlich sogar in die vorchristliche Zeitrechnung zurückzuverlegen ist. Daß die Erfindung des Schießpulvers eine orientalische ist und daß letzteres vom Orient aus zu uns erst gelangte, läßt sich mit einem hohen Grade von Sicherheit aus der Thatsache schließen, daß diejenigen europäischen Länder, welche mit dem Oriente in Verkehr standen, es zuerst allgemeiner und vor den übrigen Staaten Europas anwendeten, so die Spanier bei der Belagerung von Gibraltar, so die Venetianer in ihren Kämpfen gegen Genua.

Die ersten absolut sicheren Nachrichten über das Schießpulver stammen aus dem letzten Viertel des XIII. Jahrhunderts. In der Bibliothek des Vaticans befindet sich aus dem Jahre 1394 eine Handschrift eines arabischen Schriftstellers, worin der Gebrauch des Schießpulvers bei den Chinesen zu Raketen und zum Fortschleudern von Wurfgeschossen in einer Weise erwähnt wird, daß wir auf die Anwendung von Geschützen zu damaliger Zeit in China mit Sicherheit schließen können.

Roger Baco (1214—1292), ein englischer Dominicanermönch, erwähnt in seinen alchemistischen Schriften die sprengende Kraft des Schießpulvers und spricht von letzterem überhaupt als von einem wohlbekannten Stoff.

Zu Anfang des XIV. Jahrhunderts (nach einigen im Jahre 1308) wurden die Geschütze, zunächst im Belagerungskriege, zum ersten Male in Europa angewendet. Im Jahre 1338 finden wir schon Geld für Schießpulver von dem Kriegszahlmeister in Paris in den Rechnungen aufgeführt. In demselben Jahre sollen die Franzosen ihr Heer mit Feldgeschützen theilweise ausgerüstet haben.

In der zwischen Philipp VI. von Frankreich und Eduard III. von England geschlagenen Schlacht von Cressy (1346) kamen auf beiden Seiten schon Geschütze zur Anwendung.

Digitized by Google

Um die Mitte des XIV. Jahrhunderts wurden die Geschütze in einzelnen deutschen Armeen eingeführt. Zu Ende desselben Jahrhunderts existiren bereits vielfach in Deutschland Pulvermacher und Kanonengießereien. Erst zur Zeit des dreißigjährigen Krieges jedoch wurde das Schießpulver auch beim Bergbau in Deutschland statt der bisherigen Schlägel- und Schrämarbeit als Sprengpulver eingeführt.

Ursprünglich wurden die Bestandtheile des Schießpulvers mit der Hand zerkleinert, unter einander gemengt und das Schießpulver in Mehlform angewendet. Späterhin lernte man das Schießpulver körnen und in Stampfmühlen seine Bestandtheile zerkleinern und mit einander vermengen. Die erste Stampfmühle wurde 1435 von Harscher in Nürnberg errichtet.

Die Bestandtheile des Schwarzpulvers.

1. Der Schwefel.

Geschichtliches. Der Schwefel ist schon seit den ältesten Zeiten bekannt und wurde als Heilmittel und zur Räucherung angewendet. Bereits zu Homer's Zeiten (also etwa 1000 Jahre v. Chr.) kannte man die desinficirende Eigenschaft des brennenden Schwefels (der schwefligen Säure).

»Alte, nun hole mir Schwefel und Feuer,
Von schädlichen Düften frei zu schwefeln den Saal«

läßt Homer Odysseus sagen, nachdem jener die Freier seiner Gemahlin Penelope getödtet.

Im Mittelalter war der Schwefel ein Element, mit dem sich die Alchemisten mit besonderer Vorliebe beschäftigten. Wundersame Ansichten über die Natur des Schwefels hatte man noch im vorigen Jahrhundert, bis endlich der französische Chemiker Lavoisier nachwies, daß der Schwefel ein einfacher Körper, ein Element und nicht — wie bis

Digitized by Google

dahin angenommen — aus mehreren Bestandtheilen zusammengesetzt sei.

Mit Recht hat man den Schwefel im Verein mit der Steinkohle, dem Steinsalz und dem Eisen als eine der Grundlagen der heutigen chemischen Industrie bezeichnet. Wenn er auch nicht mehr wie früher ausschließlich zur Schwefelsäure-Fabrikation verwendet wird, seitdem ihm auf diesem Gebiete in den Schwefelkiesen mächtige Concurrenten entstanden sind, so ist doch nach wie vor sein Verbrauch zur Schießpulver-Fabrikation, zur Bereitung der Zündrequisiten, zum Schwefeln des Hopfens und Weines, zum Einpudern des Weinstockes, als Mittel gegen verschiedene Blattkrankheiten, zur Fabrikation von Ultramarin, zum Vulcanisiren des Kautschuks u. s. w. ein höchst bedeutender, mit jedem Jahre sich steigernder.

Bis vor 50 Jahren war die gesammte europäische schwefelverbrauchende Industrie sozusagen ganz von dem sicilianischen Schwefel abhängig. Erst die damals erfolgenden Preissteigerungen des Schwefels bewirkten, daß man auch an anderen Orten (auf Corfu, in Spanien, Portugal, Aegypten, Californien) Schwefel aufsuchte und fand.

Vorkommen und Bildung des Schwefels. Der Schwefel kommt entweder gediegen oder in Form von Schwefelverbindungen (Schwefelmetallen und schwefelsauren Salzen) in der Natur vor. Von den Schwefelmetallen sind es namentlich der Eisenkies (mit 53·3 Percent Schwefel) und der Kupferkies (mit 34·9 Percent Schwefel), aus denen man durch Destillation, respective Rösten hin und wieder Schwefel gewinnt. Vorläufig aber wird noch der weitaus überwiegende Theil des producirten Schwefels aus den natürlichen Schwefellagern gewonnen.

Es giebt wohl kaum ein Mineral, welches noch fortwährend unter so mannigfachen Umständen sich bildet wie der Schwefel. In vulcanischen Gegenden, wie z. B. Island, ist seine Bildung darauf zurückzuführen, daß die Krater der Vulcane gleichzeitig schweflige Säure und Schwefelwasserstoff aushauchen, unter welchen Umständen sich, wie

Digitized by Google

die Chemie uns lehrt, Schwefel bilden muß. Den größten Theil des sicilianischen Schwefels denkt man sich dadurch entstanden, daß im Erdinnern befindlicher Schwefelkies einer sehr hohen Temperatur ausgesetzt wurde. Der Schwefelkies verliert in solchem Falle gerade die Hälfte seines Schwefelgehaltes, und wir können uns alsdann weiter vorstellen, daß diese von der Zersetzung des Schwefelkieses stammenden und aus dem Erdinnern ausgetriebenen Schwefeldämpfe sich im noch nassen Schlamm der Erdoberfläche verdichteten. Mit dem Austrocknen dieses Schlammes zu harter Erde ist der beigemengte Schwefel so fest mit der Erde verbunden worden, daß er aus letzterer nunmehr bergmännisch wiedergewonnen werden muß.

Als dritte Bildungsquelle des Schwefels haben wir die Zersetzung schwefelsaurer Salze (namentlich von Gyps) durch faulende organische Stoffe zu erwähnen. Auch aus schwefelwasserstoffhältigen Quellen setzt sich — wie wir dies an den Quellen zu Aachen und Baden bei Wien beobachten können — durch Einwirkung der Luft Schwefel ab.

Die bedeutendsten Schwefellager der Welt sind diejenigen von Italien. Im continentalen Theile dieses Landes findet sich der Schwefel hauptsächlich in der Romagna, welche jährlich 120.000 Quintale Schwefel producirt. Das eigentliche Vaterland des Schwefels aber ist Sicilien, wo er als ein Product der Tertiärformation gebildet wurde und sich zwischen blätterigem Gyps und derbem Kalkstein, begleitet von bituminösem Mergel und Gyps, findet.

Die Schwefellager Siciliens lassen sich in zwei Classen theilen, nämlich Lager, welche zu Tage treten (solfatare), und Lager, welche in der Tiefe liegen (solfare). Die letztgenannten sind die weitaus wichtigsten, weil sie nahezu die ganze Menge des im Handel vorkommenden Schwefels liefern.

Die Lagerstätten des sicilianischen Schwefels erstrecken sich über einen großen Länderstrich der Insel, welcher fast das ganze Gebiet der Provinzen Caltanisetta und Girgenti, sowie einen Theil der Provinz Catania umfaßt.

Digitized by Google

Die Schwefelerze Siciliens werden in drei Classen getheilt:

	Wirklicher Gehalt:	Ausbeute:
1. reichste Erze . . .	30—40 Procent	20—25 Procent
2. reiche Erze . . .	25—30 »	15—20 »
3. gewöhnliche Erze .	20—25 »	10—15 »

Aufsuchung und Gewinnung des gediegenen Schwefels. Das Vorhandensein von Schwefel im Erdinnern läßt sich in der Regel leicht erkennen. Es findet sich nämlich stets in der äußersten Umgrenzung der Schwefelschichten ein körniges, weißliches Gestein, welches vorzugsweise aus Gyps besteht. Aus der Reinheit und Dicke, in welcher dieses (von den sicilianischen Bergleuten Briscale genannte) Gestein auf der Oberfläche erscheint, läßt sich der Reichthum und die Mächtigkeit des Schwefellagers im voraus annähernd abschätzen. Wo der Briscale zu Tage tritt, braucht man in der Regel nur seinem Gange zu folgen, um auf ein Schwefellager zu treffen.

Man geht nun zunächst daran, stark geneigte Stollen einzutreiben. Die Stollen folgen der Richtung und der Neigung der Adern und Gänge und verzweigen sich besonders an den Stellen, an welchen das Schwefelmineral sich ausnehmend reich an Schwefel zeigt. Auf diese Weise entstehen eine Menge von Galerien, die vielfach ineinander laufen.

Das Schwefelerz wird mittelst eines schweren Hammers, von etwa 6 Kgr. Gewicht, aus den Gängen ausgespalten und zerschlagen. Sprengmittel finden nur sehr selten, wenn nämlich die Gangart aus dem härtesten Kalkstein besteht, Anwendung.

Die 14 bis 15 Millionen Quintale Schwefelerze, welche die 250 Solfaren Siciliens alljährlich fördern, werden fast ausschließlich durch Menschenkraft in Bewegung gesetzt. Der Transport der Erze in den Galerien und aufwärts nach der Mündung der Grube geschieht durch Tau-

Digitized by Google

sende von Jungen im Alter von 8—10 Jahren, welche das Erz auf der Schulter oder auf dem Rücken tragen. An der Mündung der Schwefelgrube werden die Erze auf einen Haufen geworfen, um gemessen zu werden. Als Maßeinheit dient hierbei die Cassa, deren Rauminhalt in den verschiedenen Solfaren zwischen $2^1/_2$ und 5 Cbm. schwankt.

Das Ausbringen des Schwefels erfolgt in Sicilien fast ausschließlich durch Ausschmelzen, in der Romagna dagegen durch Destillation in dickwandigen, gußeisernen Retorten von birnförmiger Gestalt, von denen mehrere in einem gemeinsamen Canal liegen, der mit feuerfesten Steinen gewölbt ist. Zwei solcher Retorten liegen sich immer gegenüber, weshalb man auch diese Destillations-Apparate »Doppioni« nennt.

Das Ausschmelzen des Schwefels in Sicilien geschieht, indem man zunächst große runde Vertiefungen von halbkreisförmigem oder halb ellyptischem Querschnitt (sogenannte Calcaroni) herstellt. Die Calcaroni haben einen Durchmesser von 10 Meter und eine Tiefe von $2^1/_2$ Meter. Man legt sie auf stark abfallendem Boden an, so daß man von außen eine Verbindung mit dem unteren Theile des Calcarone herstellen kann. Diese Oeffnung ist 1·20 Meter hoch und 25 Cm. breit. Die Innenwand des Calcarone ist mit einer Gypsmauer und einer glatten für Schwefel undurchdringlichen Gypsdecke ausgekleidet.

Nunmehr wird der Boden zunächst mit einer Lage feingepulverter ausgebrannter Erze, die von früheren Operationen herrühren, bedeckt. Hierauf folgt eine Schicht größerer Erzstücke. Auf diese Unterlage wird nun das Erz aufgehäuft, wobei man die kleineren Stücke vorzugsweise an die Außenseite des Haufens setzt. Nachdem man die Vertiefung des Calcarone bis zum Rande gefüllt hat, schichtet man die Erze in der Weise auf, daß ein großer Hügel von der Gestalt eines abgestumpften Kegels entsteht, wobei man auch hier wieder die kleineren Erzstücke möglichst an dem Mantel des Kegels aufsetzt. Zugleich stellt

Digitized by Google

man mit Hilfe größerer Erzstücke nahe am Kegelmantel senkrechte kaminröhrenartige Oeffnungen her, welche während des Brandes den Zug vermitteln. Auf den aufgebauten Haufen kommt zunächst eine Schicht feinsten Erzpulvers und auf diese eine Schicht ausgebrannter Erze.

Bevor man den Haufen anzündet, verschließt man die erwähnte Oeffnung nach außen durch eine Gypsmauer, in welcher man verschiedene kleine Löcher anbringt, die zum späteren Abstechen des ausgeschmolzenen Schwefels dienen. Während des Brandes verstopft man diese Löcher mit Thon.

Der Calcarone wird nun einfach dadurch angezündet, daß man schwefelgetränkte Strohbündel in die Zugröhren wirft. Nach einer Stunde schließt man alle Oeffnungen des Ofens und überläßt letzteren sich selbst. Die beim Verbrennen eines Theiles des Schwefels entstehende Wärme dient dazu, den übrigen Schwefel zum Schmelzen zu bringen.

Nach etwa acht bis neun Tagen beginnen Dämpfe, die aus Wasser, Schwefel und schwefliger Säure bestehen, aus dem äußeren Mantel des Haufens auszutreten. Zugleich wird der Verschluß der äußeren Oeffnung immer wärmer, zuletzt glühend. Es sind dies die äußeren Anzeichen, daß man mit dem Ablassen und Gießen des Schwefels beginnen kann.

Mit einem spitzen Eisenstab durchbohrt man den Thonverschluß der äußeren Oeffnung und fängt den geschmolzenen Schwefel in befeuchteten Formen aus Pappelholz, welche die Gestalt von abgestumpften Pyramiden haben, auf. Man erhält so Brote (Calate) von 50—60 Kgr. Gewicht, welche ohneweiters in den Handel kommen. Das Ablassen des Schwefels nimmt man in einigen Gruben erst nach Beendigung des ganzen Brandes vor, in den meisten jedoch läßt man, so wie genügende Mengen von geschmolzenem Schwefel sich auf dem Boden des Haufens angesammelt haben, alle 8—12 Stunden den jeweilig inzwischen geschmolzenen Schwefel abfließen.

Digitized by Google

Das Ausschmelzen dauert bei einem Rauminhalte des Calcarone

von	60—60	Cassa	30—35 Tage
»	200—250	»	50—60 »
»	400—500	»	80—90 »

Im ersten Augenblicke scheint dieses Verfahren der Schwefelgewinnung äußerst unrationell zu sein. Denn es wird ein Drittel, ja oft sogar zwei Fünftel des gesammten Schwefels bei diesem Processe verbrannt, um die zum Ausschmelzen des übrigen Schwefels nöthige Wärme zu liefern. Außerdem aber werden die mit dem Ausschmelzen betrauten Arbeiter, sowie die umwohnende Nachbarschaft durch die Massen entweichender ungesunder, zum Husten reizender Dämpfe in hohem Grade belästigt.

Man darf jedoch nicht vergessen, daß diese primitive Art des Betriebes eine nothwendige Folge der auf Sicilien gegebenen Verhältnisse ist. Die Wälder sind dort längst ausgerottet und die Steinkohle wird ausschließlich von England eingeführt. Die Kosten der Kohle stellen sich in den sicilianischen Häfen auf ungefähr 4 Franken für 100 Kgr., welcher Betrag durch den Transport nach den Gruben meist auf 8 Franken steigt. Wird die Heizkraft des Schwefels zu $^1/_4$ jener der Kohle angenommen, so entsprechen 400 Kgr. Schwefel 100 Kgr. Kohle. 100 Kgr. Schwefel im Erze sind aber höchstens auf 2 Franken zu veranschlagen. Man sieht also, daß für Gruben im Innern des Landes der Schwefel mindestens ein ebenso billiges Brennmaterial als die Kohle ist.

Die Production an Schwefel in Sicilien betrug im Jahre 1890 328.024 Tonnen Rohschwefel, wozu 2,367.559 Tonnen Schwefelerze verwendet wurden, die Ausbeute betrug somit 13·85 Procent. — Neuerdings wendet man zum Ausschmelzen des Schwefels Ringöfen an, welche in der Regel 6 Kammern enthalten, und in denen durch systematische Führung der Verbrennungsgase eine noch größere Ersparniß an Schwefelgestein erzielt wird. Der

Digitized by Google

Verlust beträgt in diesen Oefen heute nur noch 25 Procent des im Gestein vorhandenen Schwefels; außerdem haben dieselben den nachtheiligen Einfluß, welchen die alten Oefen auf die Vegetation der Umgebung ausübten, erheblich verringert. — Die verschiedenen Vorschläge zur Ausschmelzung des Gesteines mit Dampf (s. w. u.) von etwa 3 Atmosphären Spannung, oder mit concentrirter Chlorcaliumlauge sind bis heute ohne Erfolg geblieben. Außerdem fordert der, durch die nunmehr allgemeine Verwendung von Schwefelkies und Blenden zur Schwefelsäurefabrikation gegen früher erheblich reducirte Schwefelverbrauch nicht gerade zu eingreifenden Verbesserungen auf.

Der durch Ausschmelzen erhaltene sicilianische Rohschwefel ist noch mit Sand, kohliger Substanz und Kalkstein verunreinigt. Die unteren Partien der Brote enthalten oft bis zu 25 Procent fremder Körper.

Wir lassen hier die Zusammensetzung einiger Proben sicilianischen Rohschwefels folgen:

	I.	II.	III.	IV.	V.
Schwefel (in Schwefelkohlenstoff löslich) . . .	90·1	96·2	91·3	90·0	88·7
Kohlige Substanz . . .	1·0	0·5	0·7	1·1	1·0
Schwefel (in Schwefelkohlenstoff unlöslich) . .	2·0	—	1·5	2·1	1·7
Kieselsand	2·3	1·5	3·3	2·8	5·5
Kalkstein (bisweilen Cölestin)	4·1	1·8	2·5	3·0	2·8
Verlust	0·5	—	0·7	1·0	0·3

Für viele Zwecke (z. B. zur Schwefelsäure-Fabrikation und zum Bleichen) ist es nicht nöthig, diesen Rohschwefel zu reinigen, er kann vielmehr direct verwendet werden. Für viele andere Zwecke jedoch (z. B. bei der Anwendung zur Schießpulver-Fabrikation, als Heilmittel, zum Gebrauche in chemischen Laboratorien u. s. w.) ist es unbedingt nöthig, den Rohschwefel zuerst zu reinigen (raffiniren).

Digitized by Google

Die Raffination des Schwefels geschieht
weder durch ein bloßes Umschmelzen oder meistens d
Destillation, wobei man es durch geeignete Abkühlung
Condensationsräume ganz in der Gewalt hat, den Schw
flüssig oder pulverförmig (als Schwefelblumen) zu erhal
Die Schwefelblumen sind für manche Zwe
(z. B. in der Heilkunde und zum Einpudern der Traub
unentbehrlich. Sie sind aber unreiner als der Stange
schwefel. Denn bei ihrer Bereitung läßt sich der Zutr
von Luft in die Condensationskammern nicht völlig ve
meiden und es bildet sich in Folge dessen eine geringe Men
schwefliger Säure und Schwefelsäure, von welchen man d
Schwefelblumen (bei ihrem medicinischen Gebrauch) durc
wiederholtes Waschen mit reinem Wasser befreien muß
Außerdem kosten die Schwefelblumen weit mehr als Stangen
schwefel, da man in derselben Zeit in demselben Appara
sechsmal mehr Stangenschwefel als Schwefelblumen er=
zeugen kann.

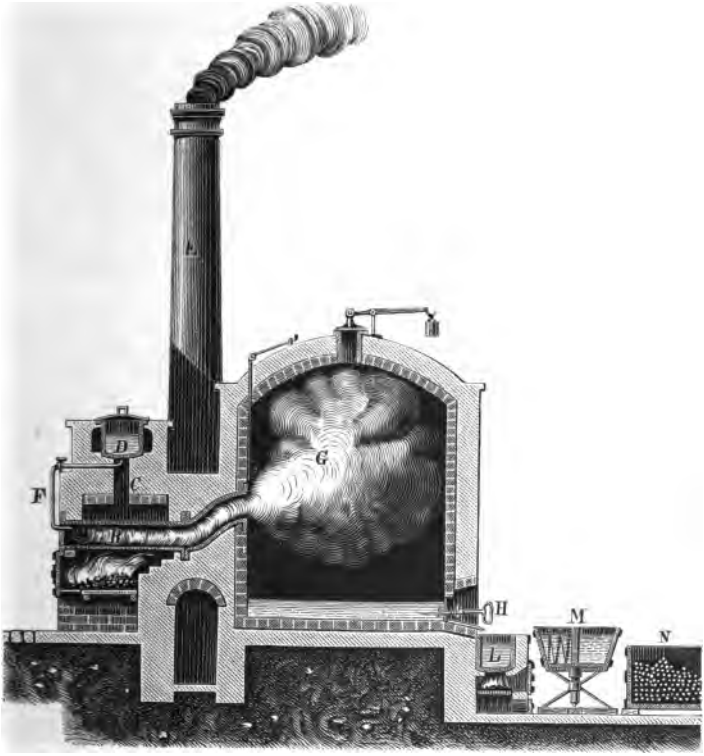
Die Anwendung von Schwefelblumen bei der Pulver=
Fabrikation würde — abgesehen von allem anderen — in
Folge des etwaigen Schwefelsäuregehaltes der Schwefel=
blumen die beständige Gefahr der Selbstentzündung in sich
schließen.

Dagegen ist der durch Destillation des sicilianischen
Rohschwefels erhaltene Stangenschwefel so vollständig
raffinirt, daß er nahezu als chemisch rein betrachtet und
ohne Bedenken bei der Pulver-Fabrikation angewendet
werden kann.

Die Raffination des Schwefels wird an Ort und Stelle
in Sicilien fast niemals vorgenommen. Nur zeitweise arbeiten
zwei kleine Raffinerien in Catania und Porto Empedocle.
Die überwiegende Menge des raffinirten Schwefels stammt
aus etwa 30 großen Raffinerien, die sich in Marseille,
Rouen und Paris befinden. Der eigentliche Platz aber für
die Schwefel-Raffination ist Marseille.
Wir geben in Fig. 1 die Beschreibung
des in Marseille gegenwärtig zur Raffin

benutzten, von Michel construirten und von Lamy verbesserten Apparates. Der gußeiserne Cylinder B wird von dem darunter befindlichen Feuerraume aus erhitzt. Die Flamme

Fig. 1.



umspült den Cylinder und entweicht nebst den Verbrennungsgasen durch den Schornstein E, nachdem sie vorher durch die Züge C den Kessel D vorgewärmt hat. Der Schwefel wird in letzteren gebracht, erfährt hier durch Ausschmelzen

Digitized by Google

eine vorläufige Reinigung und fließt durch das Rohr F in den Cylinder B. Hier verdampft er und gelangt in die gewölbte, aus Backsteinen gebildete Schwefelkammer G. Im unteren Theile der Kammer befindet sich in einer gußeisernen Platte ein rundes Loch, welches durch eine konische Stange H verschlossen oder geöffnet werden kann. Hat sich eine genügende Menge geschmolzenen Schwefels am Boden der Kammer angesammelt, so öffnet man H und läßt den Schwefel in den Kessel L fließen, neben welchem ein Drehbottich M sich befindet, in dessen reihenweise aufgestellten befeuchteten Holzformen der Schwefel in Stangenform gebracht wird. In N werden die gegossenen Schwefelstangen aufgespeichert.

Bevor wir uns nun zur Gewinnung des Schwefels aus seinen chemischen Verbindungen wenden, seien noch zwei neuere Gewinnungsmethoden des gediegenen Schwefels mit Hilfe von Wasserdampf erwähnt.

Im Jahre 1868 stellte zuerst Thomas in Palermo Versuche im Großen an, den Schwefel durch gespannten Wasserdampf aus den Erzen auszuschmelzen. Die »Società privilegiata per la fusione dei solfi« mit dem Hauptsitz in Mailand hat dieses Verfahren an sich gebracht. Sie macht sich bezahlt durch eine Quote der erzielten Rohproducte, während der Rest dem Eigenthümer der Solfare verbleibt.

Man wendet Wasserdampf von 3—3·5 Atmosphären an. Täglich lassen sich 6—7 Schmelzungen ausführen, vorausgesetzt, daß man jedesmal zwei Tonnen in Behandlung nimmt. Aus einem Mineral von 22 Procent Schwefel erhält man durch Ausschmelzen mit Wasserdampf 21 Procent Schwefel, während die Schmelzarbeit im Calcarone nur 15 Procent liefert, durch welche Mehrausbeute die Arbeitskosten nahezu gedeckt werden. Dass dieses Verfahren bisher keine allgemeine Anwendung fand, haben wir schon erwähnt.

Nach einem Vorschlage von Dr. Gerlach in Köln wird überhitzter Wasserdampf zur Gewinnung des Schwefels angewendet. Sein Verfahren besteht demgemäß nicht in einem Ausschmelzen oder Ausseigern, sondern in

Digitized by Google

der Verflüchtigung und Destillation des Schwefels unter gleichzeitiger Anwendung von überhitztem Wasserdampf.

Die Erze oder schwefelhältigen Massen werden bis zum Schmelzpunkt des Schwefels oder etwas höher in eisernen oder thönernen Retorten oder zweckmäßig construirten Oefen erwärmt und überhitzter Wasserdampf auf das heiße Erz geleitet. Die überhitzten Wasserdämpfe reißen die Schwefeldämpfe in die mit Wasser gefüllte Vorlage hinüber und verflüchtigen den Schwefel in kürzester Zeit.

Die zu entschwefelnde Masse wird in eine gußeiserne Retorte gebracht, welche vorne mit einem Verschluß nach Art der Gasretorten versehen ist. Diese gußeiserne Retorte kann auch einen flachen Boden haben ⊐ und die zu entschwefelnde Masse kann dünn ausgebreitet auf über einander stehenden Hürden von Eisenblech in die Retorte eingeschoben werden. Bei größerem Betriebe werden mehrere solcher Retorten in einen gemeinschaftlichen Ofen eingemauert, wie dies auch bei Gasretorten geschieht. Retorte und Ueberhitzungs-Apparat haben eine gemeinschaftliche Feuerung. Der Wasserdampf wird aus einem Dampfkessel entnommen und so lange die Retorte noch nicht genügend heiß ist, bleibt der Hahn, welcher den Dampf in den Ueberhitzungs-Apparat führt, geschlossen, während der andere Hahn dem Dampf Austritt in das Freie gestattet. Bei genügender Hitze der Retorte wird der letzterwähnte Hahn geschlossen und der Dampf durch den Ueberhitzungs-Apparat in die Retorte geleitet.

Damit das schmiedeeiserne Rohr zwischen dem Ueberhitzer und der Retorte durch die Flammen nicht leidet, ist dasselbe mit einem aufrecht stehenden gußeisernen Rohr umgeben.

Sofort beim Eintritt des überhitzten Wasserdampfes in die Retorte beginnt die Verflüchtigung des Schwefels.

Die nicht condensirten Dämpfe und Gase gelangen in eine zweite Vorlage, welche mit einer Scheidewand versehen ist, damit das umherspritzende Wasser den Arbeiter nicht belästigt. Eine kleine Oeffnung im Deckel gestattet

Digitized by Google

den Dampf genügenden Austritt, während für Abfluß
condensirten Wassers durch Röhren gesorgt ist.

Gewinnung des Schwefels aus sei
chemischen Verbindungen und aus den schwe
haltigen Fabrikations-Rückständen verf
dener Industrien. Wie wir schon erwähnten, k
Schwefel auch aus den Schwefelmetallen Eisenkies
Kupferkies gewonnen werden. Man erhitzt den Eisenkies
konischen Röhren aus feuerfestem Thon, welche geneigt ü
einer Feuerung liegen. Bei sehr starkem Erhitzen könnte m
gerade die Hälfte des im Eisenkies enthaltenen Schwef
(d. h. 26·65 Procent Schwefel) abdestilliren. Man begnü
sich jedoch, um ein Schmelzen des Schwefeleisens und
Folge dessen ein Zerstören der Thonröhren zu vermeide
nur 14—16 Procent Schwefel durch Erhitzen abzuscheide
Die Thonröhren sind mit thönernen, in Wasser führend
Röhren verbunden. In dem Wasser schlägt sich der Schwefel
dampf in fester Form nieder.

Durch Rösten von Kupferkies wird der Schwefel zu
weilen noch (zu Agordo in Venedig, zu Wicklow in Irland
und in Mühlbach im Salzburgischen) bei der Gewinnung
des Kupfers als Nebenproduct gewonnen.

Eine Quelle der Schwefelgewinnung, welche seiner Zeit
sehr wichtig zu werden versprach, bietet die Soda-Fabri-
kation. In letzterer werden gewaltige Mengen von schwefel-
saurem Natron (Sulfat) gebraucht, dessen gesammter Schwefel-
gehalt sich in den Sodarückständen als unlösliches Schwefel-
calcium wiederfindet. Ursprünglich warf man diese Soda-
rückstände als werthlos fort und die großen Haufen, welche
sich ansammelten, führten zu vielerlei Belästigungen und
Unannehmlichkeiten. Unter dem Einflusse des Regens und
der Luft erleidet das Schwefelcalcium Zersetzungen, es ent-
wickelt sich Schwefelwasserstoff, ferner entstehen lösliche
bindungen, welche durch den Regen ausgewaschen
am Fuße des Haufens fließt daher eine gelbe
Flüssigkeit, welche Flüsse und Quellen

L. Mond fand nun ein Verfahren, das Schwefelcalcium der Sodarückstände durch längeres Lagern der letzteren an freier Luft und nachheriges Durchleiten von Luft in Oxydationskästen theilweise in lösliche Schwefelverbindungen (unterschwefligsaure Salze und basisch Mehrfach-Schwefelcalcium) überzuführen, aus denen durch Zusatz von Salzsäure ein gewisser Percentsatz des Schwefels sich ausschied.

Auf diese Weise wurden in den deutschen Sodafabriken bisher jährlich große Mengen Schwefel gewonnen. Der erhaltene Rohschwefel wird zu seiner Reinigung durch Wasserdampf von $1^3/_4$ Atmosphären Spannung geschmolzen und als Stangenschwefel gegossen in den Handel gebracht.

Nach diesem Verfahren erhielt man also nur einen Theil des Schwefels der Sodarückstände. Das lange erstrebte Ziel, fast sämmtlichen Schwefel wieder zu gewinnen, ist durch ein neuerdings von Schaffner & Helbig in Aussig (Oesterreich) gefundenes Verfahren erreicht worden. Es ist dieses Verfahren um so wichtiger, als nach demselben auch aus Gyps und Schwerspath (nach vorherigem Glühen dieser Salze mit Kohle) sich Schwefel gewinnen lassen wird. Es erscheint also somit das Problem, aus dem so reichlich in der Natur sich findenden Gyps den Schwefel desselben als solchen abzuscheiden, gelöst.

Das Verfahren beruht darauf, daß man die Schwefelcalcium enthaltenden Sodarückstände mit Chlormagnesium behandelt, wobei sich Chlorcalcium, Magnesia und Schwefelwasserstoff bildet. Den entweichenden Schwefelwasserstoff läßt man in einem besonderen Raum mit schwefliger Säure zusammentreffen, wobei sich sämmtlicher Schwefel beider Gase unter gleichzeitiger Bildung von Wasser als solcher ausscheidet.

Es sei noch erwähnt, daß man die Chlorcalcium und Magnesia enthaltende Flüssigkeit mit Kohlensäure behandelt, wodurch sich Chlormagnesium und kohlensaurer Kalk bilden. Das Chlormagnesium kann bei der Behandlung einer fer-

Digitized by Google

neren Menge Sodarückstandes und der kohlensaure Kalk wieder bei der Sodaschmelze benutzt werden. Seit Einführung des Solvay-Sodaprocesses, bei welchem sich keine Rückstände ergaben, tritt diese Art der Gewinnung des Schwefels immer mehr in den Hintergrund.

Außerdem seien hier noch kurz als Quellen der Schwefelgewinnung angeführt: Die Fabrikation der Potasche (nach Le Blanc), wobei die sich bildenden Potascherückstände (in Staßfurt und bei F. Vorster & Grüneberg in Kalk bei Köln) genau so wie die Sodarückstände auf Schwefel verarbeitet werden. Ferner die Steinkohlengas-Fabrikation, wobei in der zum Reinigen des Gases von Schwefelwasserstoff angewendeten Laming'schen Mischung sich durch chemische Umsetzung des Schwefelwasserstoffes Schwefel bis zur Menge von 40 Procent ansammelt. Durch Destillation kann derselbe gewonnen werden. Endlich wird auch bei der Bereitung von Jod aus Seetangen aus den Mutterlaugen sich abscheidender Schwefel als Nebenproduct (z. B. in der Jodfabrik von Paterson in Glasgow) gewonnen.

Einige wesentliche Eigenschaften und Prüfung des Schwefels. Der Schwefel schmilzt bei 112 Grad und erstarrt bei 108—109 Grad. Bei 440 Grad destillirt (siedet) er unter Bildung braunrother Dämpfe. Die Reinheit des zur Schießpulver-Fabrikation verwendeten Stangenschwefels erkennt man durch folgende Prüfungen: 1. Der Schwefel muß bei 112 Grad (nicht niedriger) schmelzen. 2. Beim Verbrennen von 1 Gr. Schwefel auf dem Deckel eines Porzellantiegels darf kein Rückstand bleiben. 3. Beim Trocknen bei 100 Grad darf er keinen Gewichtsverlust (durch entweichendes Wasser) erleiden. 4. Beim Erhitzen in einer einseitig geschlossenen Glasröhre darf in letzterer kein kohliger Rückstand (herrührend von dem Schwefel beigemengten harzigen Stoffen) bleiben.

Wir haben nunmehr den zweiten Bestandtheil des Schwarzpulvers, den Kalisalpeter, näher zu betrachten.

Digitized by Google

2. Der Kalisalpeter.

Unter »Salpeter« schlechtweg versteht man die salpetersauren Salze der Alkalien und Erdalkalien und man spricht demgemäß von Kalisalpeter und Natronsalpeter (d. h. salpetersaurem Kalium und Natrium) eben so gut wie von Kalk- und Barytsalpeter (salpetersaurem Calcium und Baryum). Die drei erstgenannten Salpeter kommen fertig in der Natur gebildet vor.

Zur Schießpulver-Fabrikation ist nur der Kalisalpeter geeignet und muß deshalb für diese der natürlich vorkommende Natronsalpeter (und Kalksalpeter) durch chemische Einwirkung eines Kalisalzes (Chlorkalium oder kohlensaures Kalium) zuerst umgewandelt werden.

Vorkommen und Bildung des Salpeters. Zur natürlichen Bildung des Kalisalpeters ist unbedingt erforderlich: Vorhandensein von langsam verwesenden, *stickstoffhaltigen* organischen Substanzen und von verwittertem, krystallinischem Gestein, das (den Kalium enthaltenden) Feldspath als Gemengtheil in sich schließt; außerdem noch ist erforderlich trockene Luft, regenarme oder regenlose Gegend.

Durch das langsame Verwesen organischer Stoffe (des Humus) wird Salpetersäure aus dem Stickstoffgehalt der organischen Substanz gebildet und bei Vorhandensein von kalihaltigem Gestein (wie Feldspath) wird salpetersaures Kalium (Kalisalpeter) gebildet. Denken wir uns statt des *kalihaltigen* Gesteines einen *natron-* oder *kalkhaltigen* Stoff in Berührung mit der verwesenden organischen Substanz, so bildet sich statt Kalisalpeter Natron-, respective Kalksalpeter.

Die uns bekannteste natürliche Salpeterbildung ist das an den Mauern der Ställe häufig beobachtete Auswittern von Mauerfraß, auch *Salpeterfraß* genannt. Ebenso findet man diese Auswitterungen in Höhlen und auf der Oberfläche des Bodens in Spanien, Ungarn, Aegypten, Ost-

Digitized by Google

indien (am Ganges und auf Ceylon), sowie in mehreren Theilen Südamerikas.

An den Ufern des Ganges gewinnt man den Salpeter aus dem durch die Ueberschwemmungen dieses Flusses abgelagerten und trocken gewordenen Schlamme als sogenannten Kehrsalpeter. Wird der Salpeter durch Abkehren entfernt, so währt es nicht lange und neue Ausblühungen, die der Ernte harren, sind wieder da. Die so charakteristischen Auswitterungen des Kalisalpeters erklären sich dadurch, daß derselbe (im Gegensatze zum Natronsalpeter) keine wasseranziehende, feucht werdende Substanz ist und deshalb sofort nach seiner Bildung unter der Erdoberfläche durch Capillarität an die Oberfläche langsam hinaufwandert.

Den Kehrsalpeter Indiens und Ungarns gewinnt man einfach dadurch, daß man die salpeterhaltige Erde mit Wasser auslaugt, den leicht löslichen Salpeter eindampft und auskrystallisiren läßt. Enthielt die salpeterhaltige Erde auch Kalksalpeter, so setzt man vor dem Auslaugen Potasche hinzu, wodurch der salpetersaure Kalk sich in unlöslichen kohlensauren Kalk und in löslichen Kalisalpeter umsetzt.

Der auf diese Weise gewonnene indische Rohsalpeter wird auch exotischer Salpeter genannt. Er enthält noch eine nicht unbeträchtliche Menge fremder Salze, von denen er durch Raffiniren (siehe unten) befreit werden muß.

Bis zur Zeit des Krim-Krieges lieferten Indien und die heimischen Salpeterplantagen den ganzen Bedarf der Schießpulverfabriken an Kalisalpeter. Erst als in Folge des Krim-Krieges die Nachfrage nach Salpeter plötzlich bedeutend stieg, wurde die fabriksmäßige Darstellung des sogenannten (aus Chilisalpeter durch Umsetzung mit Chlorkalium erhaltenen) Conversions-Salpeters eingeführt. Seit dieser Zeit sind die Salpeterplantagen in England, Frankreich und Deutschland ganz eingegangen und werden nur noch in Schweden, Rußland und Spanien in kleinem Maßstabe fortgesetzt. Der Export an indischem (exotischem) Salpeter ist dagegen noch immer ein bedeutender.

Digitized by Google

Wenn auch, wie schon gesagt, die Gewinnung des Salpeters aus künstlich angelegten Salpeterplantagen nur mehr noch historisches Interesse hat, so möge hier doch dieser früher schwungvoll betriebene künstliche Salpeter-Bildungsproceß kurze Erwähnung finden.

Bei Herstellung von Salpeterplantagen ahmt man alle jene Bedingungen nach, welche die Salpeterbildung begünstigen. Als Materialien wählt man Erde, die reich ist an kohlensaurem Kalk, wie Mergel, Bauschutt, Holz-, Torf-, Braunkohlen-, Steinkohlenasche, Staub und Koth von Chausseen, Abfall aus Stuben, Ställen, Städten, Schlamm aus Teichen und Schleusen, Kalkrückstände aus Soda-, Gas-, Papierfabriken, Bleichereien, Asche und Kalk von Seifensiedereien u. s. w. und als Stickstofflieferer: düngerhaltige Materialien oder Dünger selbst, thierische Abfälle, wie Fleisch, Sehnen, Häute, Blut aller Art aus den Schlachthäusern und Wasenmeistereien, Rückstände aus chemischen Fabriken, aus Gerbereien und Leimfabriken, von wollenen Lumpen aus Tuchfabriken.

Aus dieser präparirten Muttererde, welche man mit Stroh oder mit Reisig durchflicht, um der Luft möglichst allseitig Zutritt zu gestatten, bildet man auf einem geneigten, festgeschlagenen Lehmboden Haufen von 2—$2^1/_2$ Meter Höhe von der Form einer abgestutzten Pyramide. Von Zeit zu Zeit begießt man den Haufen mit Jauche.

Wenn die Salpetererde der Reife sich nähert, läßt man den Haufen austrocknen; es bildet sich dann an der Oberfläche eine 6—10 Cm. dicke Rinde, welche reicher ist an salpetersauren Salzen als die andere Masse, da sich durch Capillarwirkung die Lauge an die Oberfläche zieht und dort ihr Wasser verliert. Diese Kruste wird so oft abgekratzt, bis der Kern des Haufens der Luft zu wenig Oberfläche darbietet, wo er dann ganz abgetragen und neu aufgebaut wird.

In der Schweiz gewinnt man in mehreren Cantonen Salpeter in den Ställen. Unter dem gedielten Stallboden gräbt man eine Grube von 0·6—1 Meter Tiefe, die man

Digitized by Google

mit einer kalkhaltigen Erde anfüllt. Diese Erde saugt den Harn der Thiere auf. Alle paar Jahre wird die gebildete Salpetererde herausgenommen, ausgelaugt und die Lauge auf Salpeter versotten. In ähnlicher Weise wurden im nördlichsten Theile von Schweden, wo jeder Grundbesitzer zur Lieferung von Salpeter an die Behörde als Steuer verpflichtet war, jährlich gegen 2000 Ctr. Salpeter gewonnen.

Aus der reifen Salpetererde gewinnt man in den Salpetersiedereien den Rohsalpeter auf folgende Weise. Man zieht aus der Erde mit möglichst wenig Wasser die löslichen Bestandtheile derselben aus und versetzt die erhaltene Rohlauge so lange mit Potaschelösung, als noch ein Niederschlag entsteht. Der salpetersaure Kalk und die salpetersaure Magnesia der Rohlauge setzen sich hierdurch in unlöslichen kohlensauren Kalk und kohlensaure Magnesia unter gleichzeitiger Bildung von löslichem Kalisalpeter um.

Die von diesem Niederschlage klar abgegossene Rohlauge, welche außer Kalisalpeter namentlich noch Chlormetalle und überschüssige Potasche enthält, wird in kupfernen Kesseln versotten.

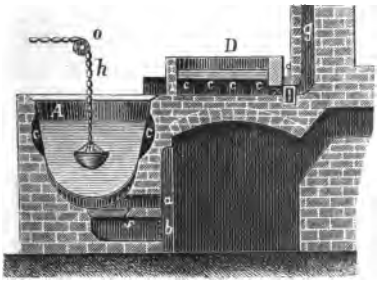
Die Feuergase gehen, wie Fig. 2 zeigt, durch die den Kessel umgebenden Züge c c unter die Vorwärmpfanne D und von da in den Schornstein g. In dem Maße, als das Wasser aus dem Kessel verdampft, läßt man frische Lauge durch einen Hahn in den Kessel nachfließen. Nach zwei- bis dreitägigem ununterbrochenen Kochen fangen die Chlormetalle an, sich auszuscheiden. Um ein Anbrennen derselben, was Explosionen oder doch Betriebsstörungen zur Folge haben könnte, zu vermeiden, senkt man mittelst der über die Rolle o geführten Kette h den sogenannten Pfuhleimer (m) in die Lauge ein. Die ausgeschiedenen festen Theile setzen sich nämlich nicht direct zu Boden, sondern werden vom Boden durch die Flüssigkeitswallungen nochmals an den Wänden des Kessels hinaufgetrieben, um von der Oberfläche in der Mitte wieder auf den Boden zu gelangen. Statt aber auf letzteren, fallen sie in den auf ihrem Wege befindlichen Pfuhleimer.

Digitized by Google

Das Abdampfen der Lauge wird so lange fortgesetzt, bis ein Tropfen derselben, auf kaltes Metall gebracht, sogleich zu einer festen Masse erstarrt. Dann bringt man die Lauge 5—6 Stunden in Klärbottiche und von da in kupferne Krystallisirgefäße. Nach zwei Tagen ist aller Salpeter auskrystallisirt.

Dieser Rohsalpeter, welcher gelb gefärbt und mit durchschnittlich 20 Procent fremder Salze noch verunreinigt ist, wird durch Läutern oder Raffiniren gereinigt. Ebenso wird der indische (exotische) Salpeter vor seiner Verwendung nochmals raffinirt.

Fig. 2.



In eine siedende Lösung von Rohsalpeter trägt man noch so viel Rohsalpeter ein, daß die betreffende Wassermenge gerade sämmtlichen, im Rohsalpeter enthaltenen Kalisalpeter aufzulösen vermag; die vorhandenen Chlormetalle und die anderen Unreinigkeiten werden als schwerer löslich aus der kochenden Flüssigkeit ausgeschieden. Die von den ausgeschiedenen Chlormetallen getrennte Salpeterlauge kommt schließlich in kupferne Krystallisirbecken, in denen bei beständigem Umrühren der Flüssigkeit der Kalisalpeter als feines Krystallmehl sich ausscheidet.

Das Salpetermehl kommt aus den Krystallisirbecken in die Waschgefäße, in welchen es mit einer gesättigten Lösung von reinem Salpeter übergossen wird. Da die in dem Sal-

Digitized by Google

petermehl noch enthaltenen Chloralkalien (Chlorkalium und Chlornatrium) in kaltem Wasser leichter löslich sind als der Kalisalpeter, so scheidet sich aus der zum Waschen angewendeten reinen Salpeterlösung ein Theil des Salpeters aus und die leichter löslichen Chloralkalien werden in der Salpeterlösung aufgelöst und weggeführt. Das ausgewaschene Salpetermehl wird bei gelinder Wärme getrocknet, gesiebt und verpackt.

Die Salpeterlager in Peru und die Gewinnung des Perusalpeters. Die überwiegende Menge des heutzutage im Handel vorkommenden Kalisalpeters ist Conversions-Salpeter, d. h. durch Zersetzung des Perusalpeters mit Chlorkalium erhalten. Gewöhnlich führt der Perusalpeter den bekannteren Namen Chilisalpeter, da er von Chili aus zuerst nach Europa gelangte. Wir wenden uns nun der Fabrikation dieses Conversions-Salpeters, zunächst aber der Gewinnung der beiden Rohmaterialien, des Perusalpeters in Südamerika und des Chlorkaliums aus den Abraumsalzen des Staßfurter Steinsalzlagers zu.

Mariano de Rivero wies im Jahre 1821 zuerst auf die Existenz von Natron-Salpeterlagern in Südamerika hin. Im Jahre 1831 begann die Ausbeutung dieser Lager. Der Strich Landes, in welchem die Gewinnung des Salpeters seit vielen Jahren so bedeutend und einträglich, namentlich von Engländern und Deutschen, betrieben wird, liegt an der Westküste Südamerikas und ist ein Theil der bekannten Costa Seca (d. h. trockene Küste) zwischen dem 4. und 10. Breitegrad, begrenzt von dem Tumbez-River, der südlichen Scheide der Republik Ecuador.

Die Lager erstrecken sich in einer Länge von über 2400 englischen Meilen längs der Küste von Peru, Bolivia und einem Theile Chiles.

Dieser ganze Streifen Landes entbehrt fast vollständig des Regens. Kein Baum oder Strauch kommt dort fort, denn es fehlt an dem für das pflanzliche Wachsthum nöthigen Wasser. In den Wintermonaten wachsen die in diesem Lande fast beständig herrschenden Stürme zu Orkanen an.

Digitized by Google

Im ganzen Jahre giebt es vielleicht zwei bis drei Regenschauer. Die wenigen kleinen Flüsse werden lediglich gespeist durch die von den Cordilleren herabschmelzenden Schneemassen.

Die Küste zwischen den Häfen zeigt seewärts eine stattliche Front von Klippen von 1000—3000 Fuß Höhe und zwischen ihnen windet sich, bald steil aufsteigend, bald schroff abfallend, der schmale, gefährliche Pfad, der ganz allein die Verbindung zwischen der Küste und dem Innern des Landes, wo die Salpeterlager sich befinden, ermöglicht. Dieser Weg kann nur mit Maulthieren zurückgelegt werden.

Seit 22 Jahren läuft von einem Felsenrücken aus in einer Höhe von 3440 Fuß eine Schienenstraße, die die Hafenstadt Yquique (den Hauptausfuhrort des Natronsalpeters) mit La Noria verbindet. Wegen der beim leisesten Wind in dicken Wolken aufstäubenden Massen leichten Sandes hat man besondere Vorrichtungen zum Schutze gegen Ueberwehungen der Geleise treffen müssen.

Die den Salpeter einschließenden Mineralien heißen »Caliche« und liegen etwa 3 Fuß unter der Oberfläche. Bald gleichen sie Stücken von Zuckerhüten, bald Schwefel-Zusammenhäufungen und wieder andere sind weiß mit bläulichen Adern.

In ähnlicher Weise, wie in Sicilien durch das weiße, an der Oberfläche erscheinende Briscale die Gegenwart eines Schwefellagers sich verräth, erkennt man auch hier das Dasein des Caliche an der Anwesenheit obenauf liegenden, halbfertigen Sandsteines, der, nebenbei gesagt, für Bauten sehr verwendbar und gesucht ist.

Die Zusammensetzung des Caliche ist eine sehr wechselnde. Das Mineral enthält 48—75 Procent Natronsalpeter, 20—40 Procent Kochsalz und wechselnde Mengen von schwefelsaurem Natron, schwefelsaurem Kalk, Kalisalpeter, Chlormagnesium und jodsaurem Kalium. Außerdem ist es mit unlöslichen Erdtheilen und Guano vermengt.

Zur Gewinnung des Minerals werden Bohrlöcher zum Sprengen der bis unter das Caliche führenden Schichten getrieben, und Schießpulver, welches an Ort und Stelle be-

Digitized by Google

reitet wird, ausschließlich als Sprengstoff verwendet. Gewöhnlich nimmt man 100 Theile Natronsalpeter, 9 Theile Schwefel und 28 Theile Weidenkohle zur Bereitung dieses Pulvers.

Die Schüsse fördern das Mineral zu Tage, das mit Händen zusammengesucht und zu Haufen zusammengetragen wird. Auf durch Maulthiere gezogenen Wagen gelangt es zur Siederei, wo es durch Marsden'sche Patentwalzen zunächst zerkleinert wird.

Das zerkleinerte Rohmaterial gelangt in die Siedekessel, welche geschlossene Behälter von Eierform sind. Sie sind mit zwei beweglichen Deckeln versehen, von denen der obere zum Einfüllen des Caliche, der untere zum Entleeren des erschöpften Minerals dient.

Die Kessel werden mit dem zerkleinerten Rohmaterial in ihrer ganzen Höhe, mit Mutterlauge zur Hälfte eingefüllt. Bis vor kurzer Zeit ließ man directen Dampf unter einem falschen Boden einströmen, welcher im Innern des Kessels vorhanden war. Neuerdings hat ein sehr großer Theil der Fabriken, besonders diejenigen, welche in deutschen und englischen Händen sind, die Siederei mit directem Dampf verlassen und läßt jetzt diese Arbeit durch Condensatoren von Schlangenform verrichten. Das condensirte Wasser wird durch eine Dampfpumpe dem Dampfkessel direct wieder zugeführt.

Da durch den Wegfall des directen Dampfeintrittes die zur schnellen Concentration der Laugen nöthige Bewegung fehlt, so hat man zur Erreichung dieses Zweckes statt directen Dampf die Siemens'schen und Körting'schen Dampfstrahlgebläse eingeführt. Die hierzu benützte Luft wird durch abziehende Feuergase vorher auf 120 bis 150 Grad erwärmt. Durch diese Art der Arbeit hat sich sowohl die Ausbeute als der Feingehalt des Salpeters bedeutend erhöht.

Nachdem etwa zwei Stunden erhitzt wurde, ist die Lauge genügend mit Salpeter gesättigt. Man läßt die tiefbraune Flüssigkeit in die Klärbehälter ab. Dieselben sind

Digitized by Google

mit schlechten Wärmeleitern umgeben, damit der Salpeter während des Klärens nicht auskrystallisire.

Nach 1—3½ Stunden wird die geklärte, heiße Lauge durch Canäle in dem Winde zugängliche Krystallisirkästen fließen gelassen. Der auskrystallisirte Salpeter wird durch Ausbreiten auf einer großen, luftigen Fläche in Lagen von 1—1½ Fuß Höhe getrocknet.

Der auf diese Weise gereinigte Chilisalpeter enthält 94—96 Procent Natronsalpeter. Zur besseren Vergleichung lassen wir hier die Zusammensetzung von einem natürlichen Salpeter (Caliche), so wie er in den Salpeterlagern gefunden wird, und von einem durch die oben angegebenen Processe gereinigten Chilisalpeter folgen.

	Natürlicher Salpeter (Caliche)		Raffinirter Chilisalpeter	
Salpetersaures Natrium .	51·50	Proc.	94·03	Proc.
Salpetrigsaures » .	—·—	»	0·31	»
Schwefelsaures » .	8·99	»	0·92	»
Kochsalz	22·08	»	1·52	»
Chlorkalium	8·55	»	0·64	»
Chlormagnesium . . .	0·43	»	0·03	»
Kohlensaurer Kalk . . .	0·12	»	—·—	»
Kieselsäure und Eisenoxyd	0·90	»	—·—	»
Jodnatrium	Spuren		—·—	»
Jodsaures Natrium . .	—·—	»	0·29	»
Unlösliche Stoffe . . .	5·—	»	—·—	»
Wasser	—·—	»	1·96	»

Was die Bildung der Salpeterlager in Peru und Bolivia betrifft, so hat wohl Möllner's Ansicht die größte Wahrscheinlichkeit für sich. Derselbe glaubt, daß in Folge von gewaltigen Stürmen große Massen von Seetangen in jene Bucht von Südamerika geworfen wurden und vermöge ihres Stickstoffgehaltes und ihrer langsamen Verwesung zur Bildung von Salpeter Veranlassung gaben. Durch vulkanische

Digitized by Google

Erhebungen des Bodens wurde der gebildete Salpeter dem Boden entzogen.

Diese Theorie stimmt gut mit einigen beobachteten Erscheinungen überein. Hierher gehört die noch jetzt langsam stattfindende Hebung der Westküste Südamerikas, so daß wir annehmen dürfen, daß das jetzige Hochplateau, auf dem der Chilisalpeter lagert, einst Meeresboden war. Ferner erklärt sich durch diese Theorie auch das sonst räthselhafte Vorkommen von Jod im rohen Chilisalpeter. Die Seetange als Jodsammler liefern ja das Material für die Jod-Fabrikation und sie mußten auch bei ihrer Verwesung auf den Salpeterlagern Perus ihren Jodgehalt dem Salpeter einverleiben.

Die Gewinnung des Chlorkaliums aus den Abraumsalzen des Steinsalzlagers zu Staßfurt. Die großen Lager von Mutterlaugensalzen — sogenannten Abraumsalzen — im Steinsalzlager zu Staßfurt, welche in einer Mächtigkeit von circa 30 Meter das Hangende des Steinsalzlagers bilden, verdanken einem ähnlichen natürlichen Processe ihre Entstehung, wie es derjenige ist, nach dem man neuerdings die Mutterlaugensalze aus den Soolquellen und Seewassersalinen auf künstlichem Wege herstellt. Das ganze Staßfurter Salzlager ist durch einen regelmäßigen und ungestörten Eindampfungsproceß eines größeren geschlossenen Meeresbeckens entstanden. In Folge des günstigen Umstandes, daß es nach seiner Bildung von einer für Wasser undurchlässigen Mergelschicht bedeckt wurde, sind die oberen Schichten der leicht löslichen Mutterlaugensalze nahezu vollkommen conservirt worden, während bei den sonst bekannten Steinsalzstöcken auf primärer Lagerstätte von wahrscheinlich ähnlicher Entstehungsweise diese obere Lage fehlt, weil sie entweder durch neue Hebungen und Durchbrüche nicht zur ruhigen Bildung gelangte oder durch später hinzutretende süße Wasser wieder gelöst wurde.

Die Hauptbestandtheile der Staßfurter Abraumsalze sind der Carnallit (aus Chlorkalium, Chlormagnesium und Wasser bestehend) und der Kieserit (schwefelsaure Mag-

Digitized by Google

nesia und Wasser), welche mit Schichten von mehr oder weniger reinem Steinsalz wechsellagern; daneben finden sich noch Tachhydrit (Chlorcalcium, Chlormagnesium und Wasser enthaltend), sowie sporadisch eingesprengt Boracit (borsaure Magnesia + Chlormagnesium) und durch später erneute Einwirkung von Wasser in secundärer Bildung entstanden: Kainit (aus schwefelsaurem Kalium, schwefelsaurer Magnesia, Chlormagnesium und Wasser bestehend) und Sylvin (Chlorkalium).

Die ersten Bohrversuche wurden im Jahre 1839 zu Staßfurt (Preußen) und im Jahre 1858 in dem naheliegenden Leopoldshall (Anhalt) angestellt. Im Herbst 1861 wurde die erste auf tägliche Verarbeitung von 100 Ctr. Abraumsalz eingerichtete Fabrik in Staßfurt von Dr. Frank eröffnet. Im Jahre 1863 stieg die Zahl der dortigen Kalifabriken bereits auf elf und die Förderung der Rohsalze auf 1,288.000 Ctr.

Von den in Staßfurt betriebenen Fabrikationen interessirt uns hier nur die des Chlorkaliums. Das Rohmaterial hierfür ist das kalihaltige Abraumsalz, Rohsalz, Carnallitsalz, wie es von den Salzwerken geliefert wird. Dasselbe enthält nach einer durch Handscheidung, respective Ausklaubung der stärkeren Steinsalzbänke gleich bei der bergmännischen Gewinnung vorgenommenen Aufbereitung in 100 Theilen

circa 55—65 Theile Carnallit = 16 Procent Chlorkalium,
» 20—25 » Steinsalz,
» 15—20 » Kieserit,
» 2— 4 » freies Chlormagnesium und Tachhydrit.

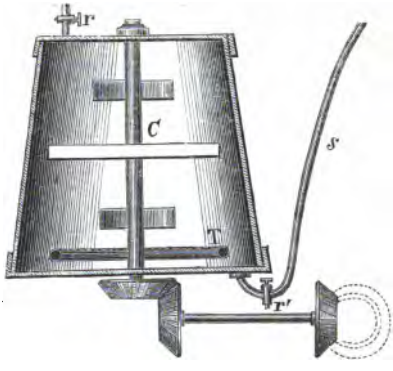
Die Ablieferung und Berechnung des Rohsalzes findet derart statt, daß von den Salzwerken ein Gehalt der Salze von 16 Procent Chlorkalium = circa 60 Procent Carnallit, als Norm angenommen, ein höherer oder niederer Procentgehalt der Rohsalze an Chlorkalium vom Käufer, respective Verkäufer extra bonificirt wird. Im Allgemeinen kommen Salze unter 14 Procent und über 18 Procent Chlorkaliumgehalt nicht zur Ablieferung an die Fabriken.

Digitized by Google

Das Rohsalz wird in die Werke befördert, um dort weiter verarbeitet zu werden.

Man bringt das Rohsalz in ein gußeisernes Auslaugegefäß (Fig. 3) und übergießt ersteres mit $^3/_4$ seines Gewichtes an Wasser, welches bereits zum Auswaschen des bei den späteren Operationen auskrystallisirenden Chlorkaliums gedient hat. Durch ein ringförmiges Rohr T wird Dampf von 120 Grad C. eingeleitet. Eine von einer Dampfmaschine bewegte verticale eiserne Welle C mit Armen geht

Fig. 3.



durch die Achse des Gefäßes und bewegt das Salz beständig umher. Dies dauert etwa drei Stunden, worauf man zwei Tage ruhig stehen läßt.

Die so erhaltene Löselauge ist dann ganz gesättigt, zeigt 32 Grad B. und hat je nach Qualität der verwendeten Rohsalze eine etwas wechselnde Zusammensetzung, wie folgenden Analysen zeigen:

Gehalt der Löselauge in 100 Theilen an:

	I	II
Chlorkalium	9·65	10·24
Chlornatrium	6·89	6·22

Digitized by Google

	I	II
Chlormagnesium . . .	14·62	15·73
Schwefelsaurer Magnesia	4·11	3·74

Um die Löselauge aus dem Kessel zu bringen, schließt man den oberen Hahn r und ein unterer Hahn r^1 mit einer auswärts gehenden Röhre s wird geöffnet. Der Dampf drückt die Lösung in die Röhre s hinauf und in das Krystallisationsgefäß.

Bei dieser ersten Krystallisation wird ein sehr kräftiger Anschuß von 65—75procentigem Chlorkalium erhalten.

Die vom ausgeschiedenen Chlorkalium getrennte Lauge wird noch zweimal verdampft, so daß noch zwei, im Ganzen also drei Krystallisationen von Chlorkalium (respective bei der letzten Krystallisation: von Carnallit) erhalten werden.

Die nachfolgende Tabelle giebt in anschaulicher Weise die chemische Zusammensetzung des ursprünglichen Rohsalzes, sowie der verschiedenen Laugen und Krystallisationen an.

	Chlorkalium	Chlormagnesium	Kochsalz	schwefelsaure Magnesia	schwefelsaurer Kalk	Wasser	Unlösliches
Rohsalz	16·—	21·—	21·4	13·—	1·2	25·3	2·1
Lauge vom Lösekessel .	9·65	14·62	6·89	4·11	0·08	Rest	—
Erste Krystallisation .	61·85	2·58	26·28	0·80	0·24	»	—
Zur zweiten Krystallisation eingedampfte Lauge	6·92	20·58	3·67	5·34	—	»	—
Zweite Krystallisation .	49·56	4·50	30·47	2·71	—	»	—
Zur dritten Krystallisation eingedampfte Lauge	5·08	28·48	0·35	3 04	—	»	—
Dritte Krystallisation .	22·58	26·62	16·52	0·84	—	»	—
Letzte nicht mehr siedewürdige Lauge . . .	0·61	31·62	—	3·17	—	»	—

Neuerdings macht man vielfach nicht mehr drei Krystallisationen, sondern dampft die von der ersten Krystalli-

Digitized by Google

sation resultirende Lauge direct und sehr stark ein, wobei man eine große Ausscheidung von Carnallit erhält. Letzterer wird wie das ursprüngliche Rohsalz aufgelöst und zur Krystallisation gebracht.

Wie ein Blick auf die eben gegebene Tabelle belehrt, ist das bei den verschiedenen Krystallisationen erhaltene Chlorkalium noch hauptsächlich mit Kochsalz und Chlormagnesium verunreinigt. Von beiden letzteren befreit man das Chlorkalium, indem man es mit kaltem Wasser auswäscht, worin Kochsalz und Chlormagnesium leichter löslich sind, als Chlorkalium. Man erhält durch dieses Auswaschen ein Chlorkalium von 80—95 Procentgehalt.

Will man ein besonders hochgradiges, zur Darstellung von Potasche, chlorsaurem und chromsaurem Kali vorzüglich geeignetes Chlorkalium gewinnen, so löst man das ursprüngliche Rohsalz statt in heißem Wasser in heißer Chlormagnesium-Lösung, worin sich Kochsalz und Kieserit fast gar nicht, Carnallit dagegen sehr leicht löst. Beim Erkalten der Löselauge krystallisirt der Carnallit aus. Er wird nun in heißem Wasser wieder aufgelöst. Diese Lösung scheidet beim Erkalten das Chlorkalium ab. Letzteres wird durch Uebergießen — Decken — mit kaltem Wasser von anhaftendem Chlormagnesium und Kochsalz gereinigt und liefert ein 98—99procentiges Chlorkalium.

Nachdem wir nunmehr die Gewinnung der beiden Rohmaterialien genügend kennen gelernt haben, wenden wir uns zur eigentlichen

Fabrikation des Conversions-Salpeters. Mit letzterem Namen bezeichnet man, wie schon öfters erwähnt, den künstlich durch Umsetzung von Chilisalpeter mit Chlorkalium erhaltenen Kalisalpeter. Bei dieser Umsetzung bildet sich neben Kalisalpeter noch Kochsalz, welches, da es in heißem Wasser weniger löslich ist als ersterer, aus der heißen Flüssigkeit sich ausscheidet. Die vom ausgeschiedenen Kochsalz getrennte Flüssigkeit läßt beim Erkalten den Salpeter auskrystallisiren. Der ganze Proceß der Bildung des Conversions-Salpeters ist demnach ein sehr einfacher.

Digitized by Google

Das erste praktische Verfahren zur Darstellung von Kalisalpeter aus Chilisalpeter und Chlorkalium stammt aus den Jahren 1858 und 1859. Anfänglich wollte man als chlorkaliumhaltige Substanz die Mutterlauge von Soolen oder Seewasser benützen. Gegenwärtig wird der überwiegende Procentsatz des bei der Fabrikation erforderlichen Chlorkaliums in den Kalifabriken zu Staßfurt, ein geringer Bruchtheil jedoch auch bei der Verarbeitung des Kelps oder der Schlempekohle und der Kaluczer Sylvine*) gewonnen.

Der Conversions-Salpeter wird gewöhnlich auf folgende Weise fabricirt: In einem gußeisernen Kessel von etwa 4000 Liter Inhalt werden äquivalente Mengen**) Chilisalpeter und Chlorkalium aufgelöst. Zuerst wird das Chlorkalium für sich aufgelöst, bis die Lösung 1·200 bis 1·210 specifisches Gewicht (heiß gemessen) zeigt. Alsdann wird der Salpeter zugesetzt und so lange eingedampft, bis die Flüssigkeit ein specifisches Gewicht von 1·500 hat. Das sich fortwährend ausscheidende Kochsalz wird, so wie es sich bildet, herausgekrückt und auf einer schiefen Ebene so ablaufen gelassen, daß die salpeterhaltige Mutterlauge in den Kessel zurückfließt.

Sowie die Lauge auf 1·500 specifisches Gewicht eingedampft ist, läßt man sie kurze Zeit absetzen, wobei das niederfallende Salz allen Schmutz mit sich reißt. Hierauf läßt man die klare Lauge nach den Krystallisirgefäßen laufen.

Die Krystallisirgefäße sind ganz flach, so daß schon nach 24 Stunden die Krystallisation vollständig ist. Durch

*) Der Kaluczer Sylvin besteht aus manchmal beinahe chemisch rein sich findendem Chlorkalium, welches durch einen sehr einfachen Krystallisationsproceß (ohne Abdampfen wie in Staßfurt) sofort rein erhalten wird. Die Kaluczer Lager sind noch weit mächtiger als die Staßfurter, jedoch fehlt es in dortiger Gegend, an den Ostkarpathen, vor Allem an einer intelligenten Arbeiterbevölkerung. Auch das Bergwerk ist noch sehr primitiv eingerichtet.

**) Auf 100 Kgr. Natronsalpeter sind 87·9 Kgr. Chlorkalium erforderlich. Theoretisch erhält man hieraus 119·1 Kgr. Kalisalpeter und 68·8 Kgr. Kochsalz.

Digitized by Google

gelegentliches Umrühren erreicht man, daß die Krystalle so fein wie Bittersalz ausfallen.

Nachdem die Mutterlauge abgezogen und die Salpeterkrystalle vollständig abtropften, gießt man so viel kaltes Wasser auf, daß die Salpeterkrystalle damit bedeckt sind. Nach 7—8 Stunden wird die Flüssigkeit wieder abgelassen und nach 12stündigem Abtropfen frisches Wasser aufgegeben. Nach dem zweiten Auswaschen ist der Salpeter meist schon genügend rein.

Eigenschaften und Prüfung des Kalisalpeters. Der Kalisalpeter bildet farblose, durchsichtige, säulenförmige, gestreifte Krystalle von kühlendem, scharf salzigem Geschmack. Bis auf 350 Grad erhitzt, schmilzt er zu einer dünnen Flüssigkeit, noch stärker erhitzt, zersetzt er sich, indem Sauerstoff entweicht und salpetrigsaures Kalium zurückbleibt.

Wird Salpeter einer sehr hohen Temperatur ausgesetzt (wie solche z. B. bei der Entzündung des Schießpulvers herrscht), so zerfällt er in zurückbleibendes festes Aetzkali und in entweichenden Sauerstoff und Stickstoff. Letzterer findet sich als solcher in den Pulvergasen, ersterer verbindet sich mit dem Kohlenstoff der Kohle zu Kohlensäure oder Kohlenoxydgas, während das aus der Zersetzung des Salpeters stammende Kali theils mit Kohlensäure kohlensaures Kalium bildet, theils mit dem Schwefel sich zu sauerstofffreien und sauerstoffhaltigen Schwefelverbindungen (schwefelsaures Kalium, Schwefelkalium u. s. w. vereinigt). Wir werden an geeigneter Stelle den Zersetzungsproceß bei der Entzündung des Schießpulvers noch genauer kennen lernen.

Der Salpeter ist in Wasser ziemlich leicht löslich und seine Löslichkeit nimmt mit Erwärmung des Wassers bedeutend zu. So lösen 100 Theile Wasser von Null Grad nur 13 Theile Salpeter, dagegen 100 Theile Wasser von 97 Grad 236 Theile Salpeter. Ferner lösen 100 Theile Wasser von Null Grad 35·52 Theile Kochsalz und 100 Theile Wasser von 100 Grad nur wenig mehr, nämlich 39·61 Theile Kochsalz. Wir begreifen jetzt, weshalb bei der Fabri-

Digitized by Google

kation des Conversions-Salpeters das entstehende Kochsalz aus der heißen Flüssigkeit, in der es ungefähr sechsmal weniger löslich ist als der Kalisalpeter, sich ausscheidet, und wir begreifen ferner, weshalb man den nach Ausscheidung des Kochsalzes auskrystallisirten Kalisalpeter von dem beigemengten Kochsalz umgekehrt durch Auswaschen mit kaltem Wasser, worin sich Kochsalz über zweimal so leicht löst als der Kalisalpeter, befreien kann.

Da der Salpeter, wie wir gesehen haben, bei höherer Temperatur Sauerstoff entweichen läßt, so ist er ein kräftiges sauerstoffzuführendes (»Oxydations-«) Mittel. Salpeter auf glühende Kohlen geworfen, bewirkt ihre Verbrennung unter lebhaftem Funkensprühen. Gemenge von Salpeter und Kohle, oder von Salpeter und Schwefel, oder endlich von Salpeter, Schwefel und Kohle verpuffen in der Hitze mit großer Heftigkeit.

Reiner Kalisalpeter erstarrt nach vorsichtigem Schmelzen zu einer weißen Masse, mit grobstrahligem Bruche. Eine Verunreinigung von $^1/_{80}$ Kochsalz macht den Bruch schon etwas körnig, bei $^1/_{40}$ ist der Kern schon nicht mehr strahlig und weniger durchsichtig und bei $^1/_{30}$ ist das Strahlige nur noch an den Kanten zu bemerken. Dieselbe Wirkung äußert eine Verunreinigung mit Chilisalpeter.

Zieht Salpeter Feuchtigkeit aus der Luft an, so ist das ein Zeichen, daß er Natronsalpeter (Chilisalpeter) enthält oder auch, daß er beim Schmelzen, wenn ein solches stattgefunden hat, zu stark erhitzt wurde.

Durch einen Gehalt an Kochsalz im Kalisalpeter wird die Güte des damit bereiteten Schießpulvers bedeutend vermindert, weil letzteres alsdann Feuchtigkeit anzieht. Deshalb ist es unbedingt nöthig, daß das Kochsalz, sowie überhaupt alle fremden Bestandtheile aus dem zur Pulver-Fabrikation verwendeten Salpeter vorher entfernt werden.

Einen etwaigen Wassergehalt des Salpeters erfährt man durch mäßiges Erhitzen des letzteren in einem Platintiegel, bis der Salpeter eben anfängt zu schmelzen. Das Gewicht des völlig erkalteten Tiegels sammt Inhalt darf nach dem

Digitized by Google

Schmelzen nicht verändert sein. Aus der Größe des etwaigen Gewichtsverlustes erfährt man den Wassergehalt.

Zur Bestimmung des in Wasser unlöslichen Rückstandes — reiner Salpeter löst sich natürlich völlig in Wasser auf — werden 100 Gr. Salpeter in heißem Wasser gelöst, der unlösliche Rückstand auf ein bei 100 Grad getrocknetes Filterchen gebracht, mit destillirtem Wasser ausgewaschen, bei 100 Grad getrocknet und gewogen. Die Gewichtszunahme des Filterchens zeigt die im Salpeter enthaltene Gewichtsmenge unlöslicher Stoffe an.

Von welcher Reinheit übrigens die Fabriken von Conversions-Salpeter letzteren liefern, möge folgende Angabe der Zusammensetzung eines derartigen Salpeters zeigen.

Kalisalpeter	99·8124	Procent
Natronsalpeter	0·0207	»
Salpetersaure Magnesia .	0·0093	»
Salpetersaurer Kalk . . .	0·0006	»
Kochsalz	0·0134	»
Unlöslicher Rückstand . .	0·0210	»
Feuchtigkeit	0·1226	»
	100·0000	Procent.

Weil man jetzt den Salpeter fast chemisch rein aus den Salpeterfabriken bezieht, führen viele Pulvermühlen eine Reinigung des Salpeters gar nicht mehr aus, sondern versehen sich direct mit ihrem Bedarf an Salpeter, der ohneweiters, falls er die angegebenen chemischen Prüfungen besteht, zur Schießpulver-Fabrikation benutzt wird. In größeren Pulverfabriken jedoch nimmt man, wie wir bei der Fabrikation des Schießpulvers sehen werden, noch eine abermalige Reinigung des Salpeters, ebenso wie des Schwefels vor. Dieses sorgfältige, wiederholte Reinigen ist durchaus keine zwecklose Arbeit, denn je reiner die Rohmaterialien, desto besser das aus ihnen erzeugte Schießpulver.

Digitized by Google

3. Die Kohle.

Die Pulverkohle besteht — ebensowenig wie die Steinkohle — aus reinem Kohlenstoff, sondern enthält noch eine größere Anzahl anderer Bestandtheile. Wir werden deshalb die Pulverkohle bezeichnen müssen als ein mehr oder weniger verkohltes Holz, dessen Kohlenstoffgehalt durch die Verkohlung bedeutend größer geworden ist im Vergleich zum trockenen, unverkohlten Holze.

Je nach der angewendeten Holzart, sowie der Art und Temperatur der Verkohlung erhält man ihrer Zusammensetzung nach ganz verschiedene Pulverkohlen. Während wir also durch sorgfältige Reinigung die beiden anderen Rohmaterialien der Schießpulver-Fabrikation, den Schwefel und Salpeter, stets in derselben Beschaffenheit, d. h. in völlig chemisch reinem Zustande anwenden können, ist dies bei dem dritten Bestandtheil, der Pulverkohle, nicht der Fall.

Daher erklärt es sich auch zum Theil, weshalb in den verschiedenen Staaten die Mischungsverhältnisse für Militär-Schwarzpulver so beträchtlich von einander abweichen. Denn es ist ohneweiters klar, daß eine Pulverkohle, welche in Meilern gewonnen wurde, eine andere Zusammensetzung haben muß als die aus demselben Holz durch überhitzten Wasserdampf in Cylindern erhaltene Kohle. Noch mehr werden in ihrer Zusammensetzung von einander abweichen Pulverkohlen, die nicht nur in verschiedenen Apparaten, sondern zugleich auch aus verschiedenen Holzarten gewonnen wurden. Aus Erlenholz in Oefen gewonnene Pulverkohle wird beträchtlich anders zusammengesetzt sein als Kohle, welche aus Faulbaumholz in Cylindern mit überhitztem Wasserdampf erhalten wurde.

Ebensowenig, wie wir beispielsweise Steinkohle statt des verkohlten Holzes als Pulverkohle gebrauchen können, ebensowenig eignet sich jede beliebige Holzart zur Gewinnung von Pulverkohle. Es muß die betreffende Holzart vielmehr zu diesem Zwecke ganz bestimmte chemische und physikalische Eigenschaften besitzen.

Digitized by Google

Bevor wir daher uns zur Fabrikation der Pulverkohle wenden, haben wir einen Blick auf die chemischen und physikalischen Eigenschaften der verschiedenen Holzarten zu werfen. Die Kenntniß dieser Eigenschaften ist unbedingt nöthig, um einen Einblick in das Princip der Pulverkohlen-Fabrikation und der ihr vorhergehenden Operationen zu gewinnen.

Die chemische Zusammensetzung des Holzes. Die chemische Grundlage der Zusammensetzung aller Hölzer ist die *Cellulose*, auch Holzstoff genannt. Es ist dies der im Pflanzenreich am allgemeinsten vorkommende, in keinem Pflanzenorgan fehlende Stoff, welchen man in neuerer Zeit auch zur Papier-Fabrikation verwendet. Durch Auskochen des zerkleinerten Holzes mit ätzender Lauge bleibt nämlich dieser gegen chemische Einwirkungen außerordentlich zähe Holzstoff in Breiform ungelöst zurück, während die übrigen Bestandtheile des Holzes in Lösung gegangen sind und auf diese Weise leicht von ersterem getrennt werden können.

Sehen wir uns nun diese übrigen Holzbestandtheile an. Zunächst haben wir verschiedene, der Cellulose ähnlich zusammengesetzte Stoffe zu erwähnen. Außerdem fehlen in keinem Holze zwei zum Leben desselben unentbehrliche Bestandtheile, die (stickstoffhaltigen) *Eiweißstoffe* und die *Mineralsalze* (Aschenbestandtheile). Beide finden sich, so wichtig sie auch sind, nur in sehr geringen Mengen im Holze. In vielen Hölzern treffen wir *Gerb-* oder *Farbstoffe*, die Nadelhölzer enthalten nicht unbedeutende Mengen von *Harz*. Jede Holzart enthält im lebenden Zustande große Mengen von *Wasser*, die bei manchen Hölzern mehr als die Hälfte des gesammten Gewichtes betragen können. Auch im lufttrockenen Zustande enthält das Holz noch zwischen 17 und 20 Procent Wasser.

Denken wir uns das Holz völlig trocken (nicht nur lufttrocken) und aschenfrei, so verbleiben in demselben im Wesentlichen noch der Holzstoff und die Eiweißstoffe. Der erstere enthält Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; die Eiweißstoffe enthalten außerdem noch Stickstoff und Schwefel; letzteren aber in nur äußerst geringer Menge. Wir können

Digitized by Google

deshalb sagen, daß das trockene und aschenfreie Holz im Wesentlichen die Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff enthält.

Wir führen zur besseren Orientirung hier die Zusammensetzung einiger Holzarten (nach Abzug von Wasser und Asche) in Procenten an:

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff
Kiefer	51·76	6·12	41·36	0·76
Tanne	51·63	6·11	41·20	1·06
Weide	51·12	6·02	42·00	0·86
Birke	51·05	6·27	41·84	0·84
Eiche	50·42	5·99	42·69	0·90
Erle	50·38	6·26	42·54	0·82
Buche	49·76	6·05	43·31	0·87
Hainbuche . . .	49·46	6·08	43·68	0·78

Die chemische Wirkung der Wärme auf das Holz bei Abschluß der Luft. Der Unterschied einer Erhitzung des Holzes an offener Luft oder in luftabgeschlossenen Gefäßen besteht darin, daß im ersteren Falle die frei hinzutretende Luft genügend Sauerstoff dem Holze darbietet, um alle Bestandtheile desselben, und namentlich auch den Kohlenstoff in Gase (Kohlensäure und Wasserdampf) unter Zurücklassung geringer Mengen Asche zu verwandeln, während im zweiten Falle der größte Theil des Kohlenstoffes aus Mangel an Sauerstoff unverbrannt in dem luftdicht abgeschlossenen Gefäße zurückbleibt. Dagegen findet durch die Wirkung der Wärme eine innere Zersetzung des Holzes statt. Nachdem zuerst die noch vorhandene Feuchtigkeit verdampfte, verbindet sich ein großer Theil des im Holze vorhandenen Sauerstoffes und Wasserstoffes zu ebenfalls verdampfendem Wasser. Ferner vereinigt sich ein Theil des Kohlenstoffes und Sauerstoffes zu Kohlensäure. Bruchtheile von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff verbinden sich zusammen zu Essigsäure und Holzgeist (Methylalkohol).

Digitized by Google

Kohlenstoff und Wasserstoff vereinigen sich zu flüssigen und gasförmigen entweichenden Producten und es bleibt nicht etwa reiner Kohlenstoff zurück, sondern ein sehr kohlenstoffreich gewordenes, verkohltes Holz. Diese Erhitzung des Holzes (so wie jeder organischen Substanz überhaupt) bei Luftabschluß, wodurch eine theilweise Zersetzung desselben veranlaßt wird, nennt man trockene Destillation. Es ist hierbei durchaus nicht gleichgiltig, ob man das Holz *rasch* oder *langsam* der trockenen Destillation unterwirft. Im ersteren Falle erhält man mehr gasförmige Producte und im letzteren mehr Kohle.

Wäre also — wie dies vor wenigen Jahren oft noch der Fall war — die Gewinnung von Holzgas der Hauptzweck der Destillation, so käme Alles darauf an, das Holz möglichst rasch und bei möglichst starker Hitze zu destilliren. Ist dagegen — wie es bei der Fabrikation der Pulverkohle der Fall ist — die Gewinnung des festen verkohlten Rückstandes der einzige Zweck, so muß das Holz sehr langsam und vorsichtig verkohlt werden.

Temperatur der Verkohlung	Menge der aus 100 Theilen Holz erhaltenen Kohle	Temperatur der Verkohlung	Menge der aus 100 Theilen Holz erhaltenen Kohle
160 Grad	98.00	300 Grad	33·61
170 »	94·55	310 »	32·87
180 »	88·59	320 »	32·23
190 »	81·99	330 »	31·77
200 »	77·10	340 »	31·53
210 »	73·14	350 »	29·66
220 »	67·50	432 »	18·87
230 »	55·37	1023 »	18·75
240 »	50·79	1100 »	18·40
250 »	49·67	1250 »	17·94
260 »	40·23	1300 »	17·46
270 »	37·14	1500 »	17·31
280 »	36·16	Schmelzpunkt	
290 »	34·09	des Platins	15·00

Digitized by Google

Vorstehende Tabelle zeigt, wie die Ausbeute an Kohle bei der trockenen Destillation des Holzes abnimmt mit zunehmender Verkohlungs-Temperatur.

Während die Ausbeute an Kohle mit zunehmender Verkohlungs-Temperatur sinkt, steigt umgekehrt der Gehalt der Kohle an Kohlenstoff, bei je höherer Temperatur die Verkohlung geleitet wurde.

Wir haben oben (S. 53) die procentische Zusammensetzung einiger Holzarten in trockenem und aschenfreiem Zustande angegeben. Um vergleichen zu können, in welcher Weise die Verkohlung des Holzes zersetzend auf letzteres wirkt, sei hier eine Tabelle der Zusammensetzung einiger Pulverkohlen angegeben:

Procente der in den Kohlen gefundenen Elemente				Ort der Pulverfabrik
Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff und Stickstoff	Asche	
81·028	3·2398	14·9810	0·7802	Angoulême
73 961	3·0190	22·5750	0·4750	Bouchet
80·364	3·6140	15·1437	0·9425	Metz
74 894	3·6120	21·0242	0·4750	Saint-Chamas
79·928	3·1886	16·0259	0·8685	Saint-Médard
81·067	3·0022	15·0250	0·9125	Saint-Ponce
76·010	2·9821	19 8646	1·6410	Vonges
83·034	3·4210	12·0960	1·4460	Esquerdes

Wir bemerken hierbei Pulverkohlen von ungefähr 74 Procent Kohlenstoff und solche von circa 81 Procent Kohlenstoff. Erstere nennt man Rothkohlen, letztere Schwarzkohlen. Die bei 270 Grad dargestellte Kohle, welche braunroth und zerreiblich ist, wird Rothkohle genannt.

Digitized by Google

Kohle bei einer Temperatur erzeugt, die über 280 Grad liegt, hat eine dunklere Farbe und beginnt bei 340 Grad schwarz zu werden. Die bei dieser und höherer Temperatur dargestellte Kohle heißt Schwarzkohle. Sie läßt sich, falls bei ihrer Darstellung die Temperatur von 430 Grad nicht viel überschritten wurde, leicht zerkleinern. Die bei Temperaturen zwischen 1000 und 1500 Grad erzeugte Kohle ist sehr schwarz, hart und widersteht dem Reiben. Die bei der Temperatur des schmelzenden Platins bereitete Kohle ist tief schwarz, läßt sich nur schwierig zerbrechen und besitzt metallischen Klang.

Die physikalischen Eigenschaften der Holzarten, soweit sie bei der Fabrikation der Pulverkohle in Betracht kommen.

a) Das specifische Gewicht der Hölzer. Man hat zunächst zu unterscheiden zwischen den specifischen Gewichten im grünen und im trockenen Zustande, welche beide wir aus nachfolgenden Tabellen kennen lernen:

Name der Hölzer	Specifisches Gewicht im grünen Zustande	Name der Hölzer	Specifisches Gewicht im grünen Zustande
Eiche	0·93—1·28	Esche	0·70—1·14
Apfelbaum . .	0·95—1·26	Roßkastanie . .	0·76—1·04
Hainbuche . .	0·92—1·25	Pappel	0·73—1·07
Eibe	0·97—1·10	Akazien	0·75—1·00
Zwetschkenbaum .	0·87—1·17	Weide	0·73—0·97
Buche	0·90—1·12	Erle	0·63—1·01
Tanne	0·77—1·23	Lärche	0·52—1·00
Ulme	0·73—1·18	Linde	0·61—0·87
Birke	0·80—1·09	Fichte	0·40—1·07
Ahorn	0·87—1·05	Kiefer	0·38—1·03

Digitized by Google

Name der Hölzer	Specifisches Gewicht im trockenen Zustande	Durchschnitt
Eiche	0·69—1·03	0·89 – 0·80 schwer
Eibe	0·74—0·94	
Zwetschkenbaum . . .	0·68—0·90	0·79—0·70 mittelschwer
Esche	0·57—0·94	
Apfelbaum	0·66—0·84	
Buche	0·66—0·83	
Hainbuche	0·62 – 0·82	
Akazien	0·58 – 0·85	
Ulme	0·56 – 0·82	
Ahorn	0·61—0·74	0·69 – 0·60 ziemlich leicht
Birke	0·51—0·77	
Lärche	0·44—0·80	
Roßkastanie	0·52 – 0·63	
Erle	0·42 – 0·64	0·59—0·50 leicht
Weide	0·43—0·63	
Kiefer	0·31—0·74	
Tanne	0·37—0·60	
Fichte	0·35—0·60	0·49 – 0·40 sehr leicht
Linde	0·32 – 0·59	
Schwarzpappel . . .	0·39—0·52	

Man verwendet zur Pulverkohlen-Fabrikation nur leichte Hölzer, wie beispielsweise Erlen-, Weiden-, Linden- und Pappelholz. Denn nur die leichten Hölzer liefern eine zur Schießpulver-Fabrikation taugliche, das heißt leichte, leicht entzündliche und leicht zerreibliche Kohle.

Das specifische Gewicht der Hölzer im trockenen Zustande hängt ab von dem eigentlichen Gewicht der Holzmasse und von der Zahl und Größe der Hohlräume, die die betreffende Holzart besitzt. Das eigentliche Gewicht der festen Holzsubstanz ist für alle Hölzer nahezu dasselbe. Es wiegt nämlich 1 Cubikcentimeter fester Holzmasse etwa 1·2 Gr. Das specifische Gewicht der Hölzer im trockenen Zustande ist also nur abhängig von der Zahl und Größe

Digitized by Google

der Hohlräume, die sie besitzen. Die leichten zur Pulverkohlen-Gewinnung tauglichen Holzarten besitzen also zugleich auch die meisten Hohlräume (Poren).

b) Die Härte der Hölzer. Dieselbe ist abhängig von der eigentlichen Härte der festen Holzmasse und namentlich auch von der Zahl und Größe der Hohlräume des Holzes. Die Härte der festen Holzsubstanz ist bei den verschiedenen Holzarten nicht sehr verschieden, und so finden wir denn, daß ebenso wie das specifische Gewicht auch die Härte des Holzes im Wesentlichen abhängt von der Zahl und Größe der Hohlräume der betreffenden Holzart. Es werden demnach die porösesten, d. h. leichtesten Hölzer im Allgemeinen auch die weichsten, die schwersten auch die härtesten sein. Zum Beweis dessen sei hier eine Zusammenstellung über die Härte der Hölzer angeführt.

I. Steinhart: Ebenholz u. a.
II. Beinhart: Sauerdorn, Syringe u. a.
III. Sehr hart: Mandelbaum, Weißdorn u. a.
IV. Hart: Ahorn, Hainbuche, Wildkirsche Eibe u. a.
V. Ziemlich hart: Esche, Platane, Zwetschkenbaum, Akazie, Ulme u. a.
VI. Etwas hart: Buche, Eiche, Nußbaum, Birnbaum, Apfelbaum, Edelkastanie u. a.
VII. Weich: Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche, Erle, Birke, Roßkastanie, Weide (Salix caprea) u. a.
VIII. Sehr weich: Linde, Pappel, Weide (Salix alba) u. a.

Meistens sind es die langsam wachsenden Hölzer, welche die größte Härte erlangen. Zugleich finden wir auch bei einer Vergleichung dieser Zusammenstellung mit der vorletzten, daß wir meistens diejenigen Hölzer, welche dort als leicht oder sehr leicht sich erwiesen, hier als weich oder sehr weich wiederfinden. Im Allgemeinen können wir also sagen, daß die weichen Hölzer zugleich auch leichte sind.

Nachdem wir nunmehr die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Holzarten, soweit sie uns hier interessiren,

Digitized by Google

kennen gelernt haben, wenden wir uns der Auswahl der Hölzer zur Pulverkohlen-Fabrikation zu.

Auswahl der Hölzer. Nur die leichten und weichen Hölzer eignen sich zur Gewinnung von Pulverkohle, denn nur sie geben eine poröse, leichte, leicht zerreibliche und leicht entzündliche, schnell verbrennende und wenig Asche hinterlassende Kohle. Das Holz der Tanne und Fichte läßt sich, obwohl es leicht und weich ist, wegen seines Harzgehaltes nicht zur Pulverkohlen-Fabrikation verwenden. Wegen ihres Gehaltes an Kieselsäure sind alle Gräser von der Anwendung zur Pulverkohle ausgeschlossen. Steinkohle, Braunkohle, Anthracit, Graphit und Coaks eignen sich wegen ihrer Dichtigkeit nicht dazu.

Je reicher das Holz an Holzstoff (Cellulose) ist, eine um so brauchbarere Kohle wird man erhalten. Verfaultes Holz, namentlich von Weiden und Rothbuchen, liefert beim Verkohlen eine vorzügliche, leicht zerreibliche und höchst entzündliche Kohle mit wenig Rückstand beim Verbrennen.

In Deutschland nimmt man zur Fabrikation der Pulverkohlen Faulbaum-, Weiden- und Erlenholz, in Oesterreich Hundsbeer- oder in dessen Ermanglung Hasel- oder Erlenholz, in der Schweiz nur Haselholz. In Frankreich verwendet man neben Faulbaumholz Pappel-, Linden- und Spindelbaumholz, in Spanien Oleander, Taxus, Weiden, Hanfstengel und Weinreben, während man in Italien sich ausschließlich der Hanfstengel bedient. In England gebraucht man neben Weiden- und Faulbaumholz auch das von Kornelkirschen und Erlen, in Dänemark nur Erlen und in Schweden Erlen- und Weidenholz.

Früher hielt man das Faulbaumholz allein für geeignet zur Gewinnung einer guten Pulverkohle. Gegenwärtig stellt man, wie wir soeben gesehen haben, aus einer ganzen Reihe leichter, weicher und harzfreier Hölzer Pulverkohle dar und jedes Land nimmt eben diejenigen Holzarten, welche es hauptsächlich erzeugt.

Digitized by Google

Nur das eigentliche Holz, die ausgebildete, unter Rinde, Bast und Splint der Gewächse liegende Pflanzenfaser liefert eine brauchbare Pulverkohle.

Die beste Pulverkohle giebt der Hanf, doch muß er von so kräftigem, starkem Wuchse sein, wie ihn nur ein südliches Klima liefert. Man verwendet den Faserstoff davon in gewöhnlicher Weise zur Anfertigung von Leinwand und benützt das davon Uebrigbleibende zur Verkohlung.

Die Ausbeute an Pulverkohle, welche man aus gleichen Gewichtstheilen der verschiedenen Holzarten beim Verkohlen erhält, ist eine sehr wechselnde, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

Name der Holzart	Erhaltene Menge Kohle aus 100 Theilen Holz
Vermoderte Weide . . .	52·17
Pappel (Wurzel) . . .	40·90
Hanfstengel	39·22
Spindelbaum	36·60
Weinstock	36·53
Erle	34·40
Weide	33·74
Faulbaum	33·61
Haselstaude	32·79
Linde	31·85
Pappel (Stamm) . . .	31·12
Roßkastanie	30·86

Die Fällungszeit des zum Verkohlen bestimmten Holzes. Man vermeidet vor Allem, das Holz zu einer Zeit zu fällen, zu welcher sein Saft viel Salze gelöst enthält. Indem die organischsauren Salze beim Verkohlen sich in kohlensaure Salze verwandeln, ist Gelegenheit zur Bildung von kohlensaurem Kalium (Potasche) in der Pulverkohle gegeben. Diese Bildung sucht man aber aufs ängstlichste zu vermeiden. Denn das kohlensaure Kali zieht Feuchtigkeit sehr stark an und macht deshalb ein mit solcher Pulverkohle bereitetes Schießpulver völlig untauglich.

Digitized by Google

Aus diesem Grunde fällt man die Bäume, deren Holz zur Gewinnung von Pulverkohle dienen soll, im Frühjahr, weil sie zu dieser Jahreszeit im vollsten Safte stehen, dieser aber sehr wässrig ist und wenig Salze gelöst enthält. Von solchem saftigen Holze läßt sich auch die Rinde leicht abschälen, was immer gleich nach dem Fällen geschehen muß. Man vermeidet das Fällen und Schneiden des Holzes über die Mitte des Sommers hinaus und gestattet es nie im Herbst oder gar im Winter. Denn während im Frühjahr die Pflanzensäfte sich mit den in ihnen gelösten Salzen nach den dünnen Zweigen uud den Blättern, wo das Leben des Baumes und sein Wachsthum sich entfaltet, hinziehen, verlassen im Herbste vor dem Blattabfall die Säfte die Blätter und ziehen allmählich durch die Blattstiele, Zweige und Aeste in den weichen Theil des Stammes zurück. Dort harren die Salze im Marke, in den Markstrahlenzellen und in der Bastschicht bis zum nächsten Frühjahr, um alsdann aufs neue ihre Arbeit, die Bildung und Umbildung der Pflanzenbestandtheile zu übernehmen. Es ist uns jetzt also klar, weshalb das zur Gewinnung von Pulverkohle dienende Holz nicht im Herbst oder Winter gefällt werden darf. Denn die dicken Zweige und das Stammholz enthalten ja während dieser Zeit beinahe die ganze Summe von Salzen, welche der Baum überhaupt besitzt. Man würde also eine sehr salzreiche (aschenreiche) Pulverkohle aus solchem Holz bekommen und die Kohle würde eine beträchtliche Menge kohlensauren Kaliums enthalten, dessen verderblichen Einfluß wir oben schon kennen gelernt haben.

Außerdem aber läßt sich bei im Herbst oder Winter gefälltem Holze die Rinde nicht gehörig ablösen, in Folge dessen die zurückbleibenden Theile derselben bei der Verkohlung eine dichte, schwerer entzündliche Kohle geben als das Holz.

Auch geht die Verflüchtigung des Sauerstoffes und Wasserstoffes bei der Verkohlung des in voller Saftzeit gefällten Holzes schneller und leichter von statten, und die Kohle wird lockerer und zarter.

Digitized by Google

Da die Dicke der Hölzer einigen Einfluß auf die Entzündlichkeit der Kohle hat, so nimmt man am liebsten Zweige von 2·6 Cm. Dicke, etwas stärkere Zweige werden gespalten. Bei den Lieferungsverträgen wird sehr häufig ausbedungen, daß die Länge der Hölzer genau 0·31 Meter betrage, in allen Fällen aber muß das Holz frei von Rinde geliefert werden.

Die Aufbewahrung des Holzes bis zu seiner Verwendung ist an verschiedenen Orten eine ganz verschiedene. Während man in Dresden das Holz vor den Einwirkungen des Regens ängstlich in großen Schuppen birgt, stapelt man in der Pulverfabrik zu Spandau dasselbe an einem durch Bäume geschützten Orte während zwei bis drei Jahren im Freien auf, um dem Regen Gelegenheit zu geben, die in dem Holze enthaltenen Säfte auszuwaschen.

In England setzte man früher das zur Verkohlung bestimmte Holz zehn bis zwölf Jahre hindurch der Witterung aus; es wurde alsdann nicht nur der Saft durch den Regen völlig ausgewaschen, sondern auch durch den Einfluß von Luft und Wärme eine Zerstörung der Spiralgefäße des Holzes herbeigeführt.

Auf weit raschere Weise entfernt man die Säfte aus dem Holze, indem man letzteres unter erhöhtem Druck mit Wasserdampf behandelt. Je mehr nun die ausgebildete Pflanzenfaser zur Verkohlung gelangt, je vollständiger alle mineralischen Bestandtheile des Saftes daraus entfernt sind, desto aschenfreier und tauglicher wird die Pulverkohle werden.

Die Gewinnung der Pulverkohle. Die Verkohlung des Holzes kann man in Meilern, Gruben, Kesseln, Oefen oder in Cylindern vornehmen.

Die Verkohlung in Meilern wurde früher allgemein zur Erzeugung von Pulverkohle angewendet. Die großen Nachtheile der Meilerverkohlung sind: die ungleichförmige Verkohlung der ganzen Masse, sowie die Verunreinigung der Kohle mit den Bestandtheilen der Bekleidung des Meilers (Sand, Erde u. s. w.). Gegenwärtig wird die

Digitized by Google

Meilerverkohlung (zum Zwecke der Pulverkohlengewinnung) wohl kaum mehr angewendet.

Die Verkohlung des Holzes in Gruben wird hauptsächlich nur noch in Spanien (zur Verkohlung der Hanfstengel) angewendet. Für eine Beschickung von 500 bis 1000 Kgr. besitzen die Gruben, welche eine viereckige oder runde Gestalt haben, eine Tiefe von 1 Meter und eine Weite von 3 Meter. Besser ist es, wenn man die Breite bedeutend verringert und die Tiefe etwas größer nimmt, weil hierdurch das Einäschern eines Theiles der Kohlen vermieden wird.

Das in fußlange Stücke gespaltene Holz kommt bündelweise in die Grube und wird von unten angezündet. An den Stellen, wo es zu dicht liegt, wird es mit einer Gabel aufgelockert und neues Holz nachgefüllt, sobald die gebildete Kohle zusammensinkt. Zeigt sich keine Flamme mehr, so betrachtet man die Verbrennung als beendet, vorausgesetzt, daß so viele Holzbündel nachgelegt wurden, daß die Grube mit Kohlen gefüllt ist. Letztere werden mit einer nassen, wollenen Decke bedeckt. Auf diese wird Erde geworfen und dieselbe mit den Füßen festgestampft, so daß zwischen der Kohle und der Decke kein leerer Raum bleibt.

Nach drei bis vier Tagen wird die Grube entleert. Wollte man dies schon früher vornehmen, so würde man Gefahr laufen, daß sich die Kohlen an der Luft entzündeten. Von der abgekühlten Grube nimmt man vorsichtig die Erde und die Decke ab, bringt die Kohlen mit einer Schaufel heraus und sondert die Brände oder nicht verkohlten Theile aus. Im Durchschnitt erhält man von 400 Bündeln von je 15 Kgr., zusammen also 6000 Kgr. Holz, 950—1000 Kgr., d. i. 16—17 Procent Kohle.

Die Verkohlung in Kesseln wird in kleineren Pulvermühlen zuweilen vorgenommen. Auch zur Bereitung von Schwarzkohle ist dieses Verfahren in Frankreich noch vielfach in Anwendung.

Die Verkohlung in Kesseln ist eine Vervollkommnung der Grubenverkohlung. Das Holz wird wenigstens nicht mit

Digitized by Google

Sand u. s. w. verunreinigt. Dagegen aber ist die erhaltene Kohle durchaus ungleichartig in ihrer Zusammensetzung. Am Rande des Kessels, wo die Wärme abgeleitet wird, bildet sich Rothkohle (mit etwa 73 Procent Kohlenstoff), während im Innern des Kessels Schwarzkohle (mit 83 Procent Kohlenstoff) entsteht. Es muß deshalb erstere, welche nur für Jagdpulver verwendbar ist, von letzterer jedesmal durch Sortiren getrennt werden.

Die Kessel sind in die Erde eingegraben. Man wirft zunächst einige Hände voll angezündetes Holz in dieselben, darauf allmählich das zu verkohlende Holz. Wenn der Kessel gefüllt ist, bedeckt man ihn mit einem gußeisernen Deckel, welcher mit einigen kleinen Oeffnungen versehen ist, durch welche die flüchtigen Producte entweichen können.

Man erhält nach dieser Methode aus 100 Kgr. Faulbaumholz von gewöhnlicher Feuchtigkeit ungefähr 20 Kgr. Schwarzkohle.

Die Verkohlung in Oefen. Herd und Wölbung des Ofens sind aus Ziegelsteinen aufgemauert. Der Ofen hat an der vorderen und hinteren Seite eine Thür. Nachdem das Holz eingefüllt ist, wird es angezündet, beide Thüren sind dabei geöffnet.

Hat das Feuer genügend um sich gegriffen, so schließt man die Thür, durch welche man es angezündet hat. Durch die andere, noch geöffnete Thür ziehen die Rauchgase ab. Nähert sich die Verkohlung ihrem Ende, so schließt man auch die zweite Thür.

Nach etwa $1^1/_4$ Stunden zieht man die Kohlen heraus und läßt sie in blecherne Kohlendämpfer fallen, in welchen sie zwei Tage bleiben.

In der Schweiz nimmt man manchmal noch das Verkohlen in einem aus großen Steinplatten zusammengesetzten vierseitigen, oben offenen Ofen vor. Die 2·5 Meter langen Haselholzzweige werden aufrecht stehend in den 0·6—0·9 Meter weiten und ungefähr 2—3 Meter hohen Ofen eingesetzt, entzündet und niedergebrannt.

Digitized by Google

Die Nachtheile der Verkohlung in Oefen liegen darin, daß sich nur sehr schwierig eine Pulverkohle von gewünschter Beschaffenheit erhalten läßt, sowie daß die Kohle fast stets mit Glanzruß bedeckt ist.

Der Glanzruß entsteht durch Verdichtung der Theerdämpfe auf der Holzkohle. Er macht die Pulverkohle schwer entzündlich. Bei der in der Schweiz üblichen Methode umgeht man zwar dadurch, daß der oben offene Ofen den Theerdämpfen rasch und vollständig einen Ausweg gewährt, die Bildung von Glanzruß. Indessen bleibt immerhin die Verkohlung in Oefen, einerlei mit welchen Abänderungen und Verbesserungen sie geschieht, ebensowenig wie die vorhergenannten Verkohlungsmethoden empfehlenswerth.

Den Uebergang von der Ofenverkohlung zur Cylinderverkohlung bildet das in Dänemark übliche Verfahren. Je 6—7 Kgr. Hölzer werden in eiserne Kästen gebracht und mit letzteren ein Ofen von drei Etagen beschickt. Die Verkohlung dauert ungefähr eine Stunde und wird eingestellt, wenn die blaue Flamme aus den angebrachten Oeffnungen herausschlägt. Die fertige Kohle bleibt 18—24 Stunden in einem luftdicht verschlossenen Raum. Man erhält aus 6 bis 7 Kgr. Erlenholz 1·5—1·75 Kgr. oder 25 Procent Kohle.

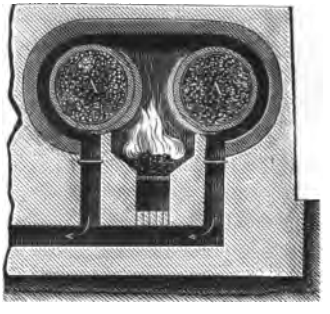
Die Verkohlung des Holzes in Cylindern. Dieselbe kann auf zweierlei Weise ausgeführt werden: entweder erhitzt man die Cylinder durch directes Feuer oder man bringt Wasserdampf auf eine bestimmte Temperatur und bewirkt dann durch diesen die Verkohlung des Holzes.

a) Verkohlung durch directes Feuer. Diese ältere Art der Cylinderverkohlung wurde im Jahre 1797 in England eingeführt, Bischof Landloff erfand dieses auch jetzt noch in vielen Pulverfabriken angewendete Verfahren. Dasselbe wurde anfangs geheimgehalten. Im Jahre 1802 jedoch veröffentlichte Collmann eine ausführliche Beschreibung der Cylinderverkohlung und von dieser Zeit an wurde dieselbe auch in den übrigen europäischen Staaten eingeführt.

Digitized by Google

Bei sorgfältiger Leitung der Operationen erhält man bei der Cylinderverkohlung eine Kohle von ziemlich gleichmäßiger Beschaffenheit. Wenn jedoch nicht dafür gesorgt wird, daß die bei der Destillation entstehenden Theerdämpfe rasch und vollständig abziehen können, so bedeckt sich die Kohle leicht mit Glanzruß, der wegen seiner schweren Entzündbarkeit die Verbrennung der Kohle und somit auch die leichte Entzündbarkeit des Schießpulvers erschwert. Deshalb giebt man meistens die sich entwickelnden Theerdämpfe völlig verloren und leitet sie direct aus den Cylindern, ohne daß

Fig. 4.



sie irgend welchen Druck zu überwinden haben, unter die Oefen, wo sie verbrennen und zur Heizung der Cylinder beitragen.

Wir beschreiben nun zunächst die Cylinderverkohlung nach einem bestimmten Beispiele, nämlich so, wie sie in der Pulverfabrik zu Le Bouchet ausgeführt wird.

Das Innere des Verkohlungsraumes ist in Le Bouchet 23·8 Meter lang und 9·6 Meter breit. In diesem Raume befinden sich zwölf Feuerungen.

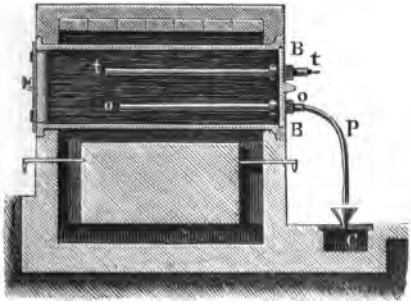
Die Cylinder sind von Eisenblech, 2 Meter lang, 0·67 Meter weit und 0·025 Meter dick. Sie liegen nur auf ihren Enden auf und sind derart angeordnet, daß sie paarweise von einer gemeinschaftlichen Feuerung geheizt werden.

Digitized by Google

Unter der Mitte zweier zusammengehöriger Cylinder (Fig. 4 und 5) A A liegt der Rost. Die Feuergase steigen zwischen beiden Cylindern empor, biegen dann rechts und links über beiden nach unten und gelangen in einen Canal, welcher zum gemeinsamen Schornstein führt.

Dort wo die Flamme die Cylinder direct umspült, sind dieselben mit Thon belegt, um ein gleichmäßiges Erhitzen zu ermöglichen, sowie ein rasches Durchbrennen zu vermeiden.

Fig. 5.



Die Cylinder sind an beiden Enden mit Deckeln geschlossen. Am hintern Deckel B bemerken wir ein in den Cylinder führendes Rohr o, an welches außerhalb das kupferne Rohr p angeschraubt ist. Durch o und p werden die Theerdämpfe nach C geführt, wo sie sich theils verdichten, theils unverdichtet in den Schornstein entweichen.

In die Blechröhre t werden Holzstäbe eingeschoben und die Oeffnung bei B luftdicht abgeschlossen. Von Zeit zu Zeit zieht man diese hölzernen Probestäbe heraus, um an ihrer mehr oder weniger vorgeschrittenen Verkohlung den ganzen Verkohlungsproceß des Holzes und die im Cylinder herrschende Temperatur beobachten zu können.

Digitized by Google

An anderen Orten jedoch hat man das Probeziehen als völlig überflüssig aufgegeben und statt dessen einen Hahn angebracht, um die aus dem Holze entweichenden Gase zu beobachten. An der Färbung und dem Geruche der Gase kann man sehr gut das jeweilige Stadium der Verkohlung erkennen (siehe weiter unten).

Der vordere Deckel des Cylinders ist hohl und der innere Raum desselben — um einen zu großen Verlust an Wärme zu vermeiden — mit einer Schicht von Asche, Lehm und Kohlenstaub angefüllt.

In manchen Pulverfabriken heizt man jeden Cylinder für sich allein, wodurch man den ganzen Proceß der Verkohlung leichter reguliren kann. Zugleich ist dann an der unteren Seite eines jeden Cylinders ein Blechmantel befestigt, welcher 0·026 Meter vom Cylinder absteht. Der Zwischenraum ist mit einer Mischung von Kohlenstaub und Thon ausgefüllt. Durch diese Anordnung soll verhütet werden, daß die Flamme den Cylinder direct umspielt.

Seit neuerer Zeit verkohlt man das Holz in beweglichen Cylindern, welche 1·24 Meter lang, 0·6 Meter weit sind und 90 Kgr. Holz fassen. Der mit Holz geladene Cylinder wird an den Ofen gefahren und auf zwei der Länge nach in demselben angebrachten Eisenbahnschienen, welche vollkommen frei über dem Roste liegen, geschoben.

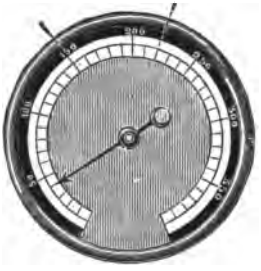
Zur Bestimmung der jeweiligen Temperatur, welche im Verkohlungs-Cylinder herrscht, werden Pyrometer verwendet, welche sich ausgezeichnet bewähren. Diese Pyrometer bestehen aus einem Stabe von Bronze, dessen eines Ende auf einem festen Punkt ruht, während das andere auf das kürzere Ende eines Winkelhebels wirkt. Durch die Wärme dehnt sich der Bronzestab aus, bringt dadurch das kürzere Ende des Hebels aus der Lage und bewirkt in Folge dessen eine Drehung des längeren Hebelarmes. Letzterer spielt auf einem mit Theilung versehenen Kreisbogen, welches ein directes Ablesen der jeweiligen Temperatur gestattet.

Ein derartiges, verbessertes Instrument ist in Fig. 6 und 7 abgebildet. Das Rohr R ragt frei in den Ver-

Digitized by Google

Fig. 6.

Fig. 7.



kohlungs-Cylinder hinein, während der Kopf B von Außen sichtbar ist. Das hintere Ende von R ist durch die Metallplatte A geschlossen. In einer Vertiefung von A ist die Stange b drehbar, welche an ihrem vorderen Ende den Zeiger des Pyrometers trägt. Um den untern Theil von b ist die aus einem Messing- und Stahlblechstreifen verfertigte Spirale c gewunden, welche bei y fest mit A, bei x mit b verbunden ist. Wird die Spiralfeder c höheren Temperaturen ausgesetzt, so dehnen sich beide Metalle verschieden stark aus und die Spiralfeder erleidet eine Drehung, welche sich auf bb und somit auf den Zeiger überträgt. Dieser spielt auf eine Scala, (siehe Fig. 7), auf welcher eine empirische Theilung, die durch Vergleichung mit den Angaben eines Quecksilber-Thermometers ermittelt wurde, angebracht ist, und die Ablesung der Temperatur gestattet. Absolut richtig sind die Angaben eines solchen Pyrometers aller-

Digitized by Google

dings nicht, aber für die Zwecke der Holzverkohlung vollkommen ausreichend.

Bei *festliegenden* Cylindern ist es auch bei vorsichtigster Leitung des Processes nicht zu vermeiden, daß die den Cylinderwänden anliegenden Holzstücke schneller und stärker verkohlen als die in der Mitte liegenden. Man hat deshalb vielfach *rotirende* Cylinder eingeführt, welchen man während des Verkohlens alle halbe Stunde eine Drehung von 90 Grad um ihre horizontale Achse ertheilt. Durch diese Drehungen werden auch die ursprünglich im Innern des Cylinders befindlichen Holzstücke nach und nach an die Seitenwände des Cylinders gerollt und wird in Folge dessen eine gleichmäßigere Verkohlung erzielt. Auch an Brennmaterial wird gespart.

Was den Einfluß der Dimensionen der Verkohlungs-Cylinder betrifft, so ist zu bemerken, daß das Holz desto gleichmäßiger verkohlt wird, je kleiner die Cylinder sind. In demselben Maße jedoch steigen gleichzeitig die Kosten der Feuerung. Die Weite der Cylinder bleibt sich ziemlich gleich, während die Länge zwischen 1·24 Meter und 2·17 Meter schwankt.

In manchen Fabriken (z. B. zu Waltham-Abbey) hat man, um den Betrieb zu einem möglichst ununterbrochenen zu machen, die Einrichtung getroffen, daß das zu verkohlende Holz in blecherne Behälter kommt und letztere in gußeiserne Cylinder eingeschoben werden. So wie das Holz verkohlt ist, zieht man die blechernen Cylinder heraus und schiebt sofort neue ein.

Wir haben nunmehr das *Laden der Cylinder* zu besprechen. Das Holz wird entweder in einzelnen Stäben oder in Bündeln, die mit Strohbändern zusammengebunden sind, in den Cylinder eingeführt. Im letzteren Falle löst man das Strohband ab, nachdem das Bündel eingetragen ist, und füllt etwa vorhandene Lücken mit Holz aus. Man füllt den Cylinder nicht ganz bis oben an, sondern läßt einen kleinen freien Raum für die sich entwickelnden Gase und Theerdämpfe. Den vorderen und hinteren Theil des

Digitized by Google

Cylinders, mit welchem derselbe auf der Mauer ruht, läßt man ebenfalls frei von Holz, weil ja diese Stellen von der Flamme nicht berührt werden.

Ist der Cylinder mit Holz gefüllt, so setzt man die Deckel ein, verschmiert die Fugen mit Lehm und beginnt langsam zu erhitzen. Das beste Feuerungsmaterial ist Torf, da derselbe den Cylinder am gleichmäßigsten erhitzt. Aber auch klein gepochte Kohlen werden vielfach angewendet.

Zuerst heizt man nur den vorderen Theil des Cylinders. Sowie aber — nach etwa einer halben Stunde — aus der Gasröhre ein weißlicher Rauch tritt, beginnt man auch hinten schwach zu erhitzen. Dieses erste Anfeuern muß sehr vorsichtig geschehen. Wir haben bereits früher gesehen, daß das Holz nur bei langsamer, nicht zu starker Erhitzung eine große procentische Ausbeute an Kohle giebt. Es darf deshalb auch die Flamme in keinem Falle bis an die Cylinder reichen.

Ungefähr fünf Stunden, nachdem man mit dem Anheizen begonnen hat, fängt die eigentliche Destillation an. Zugleich beginnt der Rauch brenzlich zu riechen und erscheint gelb gefärbt. Allmählich ändert sich die Farbe des Rauches wieder ins Weißliche und geht schließlich ins Blaue über. Dies ist das Erkennungszeichen, daß die Verkohlung vollendet ist. In Fabriken, in welchen man die entwickelten Gase zur Feuerung verwendet, entscheidet die Farbe der brennenden Gase.

Nach beendeter Verkohlung bleibt die Kohle noch einige Zeit in den Cylindern zur Abkühlung. In manchen Fabriken ist dafür eine Stunde, in anderen ein voller Tag vorgeschrieben. Ebenso verschieden ist auch die eigentliche Dauer der Verkohlung, sie schwankt an den verschiedenen Orten zwischen 6 und 12 Stunden. Will man Kohle für Jagdpulver, so erhitzt man äußerst langsam, um überwiegend die für das Jagdpulver allein taugliche, leicht entzündliche und bei niederer Temperatur sich bildende Rothkohle zu erhalten.

Digitized by Google

Nachdem die Kohle sich genügend abgekühlt hat, schüttet man sie schnell aus dem Cylinder in cylindrische eiserne Gefäße, Dämpfer genannt. Letztere werden mit einem gut schließenden Deckel verschlossen. In den Dämpfern bleibt die Kohle wenigstens vier Tage, worauf sie gekleint wird.

Das Ablöschen der Kohlen mit Wasser, welches zur Beschleunigung der Abkühlung im vorigen Jahrhundert in Frankreich einige Zeit eingeführt war, ist durchaus zu verwerfen, weil mit auf diese Weise behandelter Kohle ein Pulver schlechtester Qualität erhalten wird.

Die Cylinderkohle wird auch destillirte Kohle genannt.

In der Regel sind 29 Procent als normale Verkohlungsstufe festgesetzt. Es will dies sagen, daß aus 100 Theilen vollkommen ausgetrockneten Holzes 29 Theile Kohle erhalten werden sollen. Da es jedoch nicht möglich ist, ganz genau diese Verkohlungsstufe innezuhalten, so ist eine Differenz von ein Procent darunter zugegeben, so daß also eine Kohle innerhalb der Grenze von 28 bis 30 Procent producirt wird.

Durch Versuche ist festgestellt worden, daß jede Kohle, deren Gewicht mehr als 30 Procent vom Gewichte des vollkommen ausgetrockneten Holzes beträgt, die Dauer und Haltbarkeit der Geschütze in sehr empfindlicher Weise beeinträchtigt. Für das Pulver der Handfeuerwaffen dagegen kann das Gewicht der Kohle bis zu 40 Procent des Holzgewichtes ansteigen, ohne Nachtheil für das Gewehr und mit Vortheil in Bezug auf die Wirksamkeit des Pulvers.

Die Cylinderkohle stellt keineswegs ein völlig gleichmäßiges Product dar. Denn neben der Schwarzkohle erhält man durch die Verkohlung in Cylindern regelmäßig auch Rothkohle.

Folgende Tabelle veranschaulicht das Verhältniß in der Ausbeute an Rothkohle und Schwarzkohle, wie es bei mehreren in Esquerdes mit Faulbaumholz von 10 bis 12 Procent Feuchtigkeit angestellten Versuchen sich ergab.

Digitized by Google

Es wurden erhalten aus 100 Gewichtstheilen Kohlholz:

Ausbeute		
Rothkohle	Schwarzkohle	Zusammen
12·79	20·12	32·91
16·39	14·89	31·28
15·74	16·00	32·47
12·07	20·25	32·32
Mittel: 14·18	17·81	32·17

Da die Schwarzkohlen beträchtlich mehr Kohlenstoff und weniger Sauerstoff und Wasserstoff als die Rothkohlen enthalten, so folgt daraus, daß die Kohlen von verschiedenen Stellen des Cylinders auch verschiedene chemische Zusammensetzung zeigen werden. Denn an den heißesten Stellen werden sich die kohlenstoffreichsten und an den am wenigsten heißen Stellen die kohlenstoffärmsten Kohlen finden.

Ort, woher die Kohlen entnommen	Zusammensetzung			
	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Asche
Kohle von vorn und oben im Verkohlungs-Cylinder, Verkohlungs-Temperatur gering	83·88	3·24	11·56	1·33
	85·36	3·82	9·21	1·61
	83·43	3·30	11·80	1·47
	79·22	3·29	16·24	1·25
	77·83	2·71	18·21	1·55
Kohle aus der Mitte des Cylinders	90·39	2·51	5·49	1·61
	91·08	2·69	4·58	1·64
Kohle von hinten und unten im Cylinder, Verkohlungs-Temperatur am stärksten	90·27	2·18	6·14	1·41
	91·10	1·97	5·06	1·87
	92·24	2·03	3·85	1·88

Digitized by Google

Vorhergehende Tabelle zeigt die chemischen Analysen der aus verschiedenen Stellen der Cylinder entnommenen Kohlen.

Ein gleichförmigeres Product wird natürlich dadurch erhalten, daß man die aus den verschiedenen Theilen des Cylinders stammenden Kohlen unter einander mischt. Daß jedoch auch dann noch die Pulverkohlen verschiedener Fabriken beträchtliche Abweichungen in ihrer Zusammensetzung zeigen, ergiebt sich aus folgender Zusammenstellung (Analyse von Rothkohlen):

Procentgehalt der Kohlen an				Ort der Pulverfabrik	Zu Jagdpulver
Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff und Stickstoff	Asche		
71·1805	2·5210	25·9855	0·3085	Bouchet	extrafein
74·0110	2·6465	22·3475	0·5130		fein
70·3765	2·6550	26·4955	0·4815	Angoulême	—
72·0900	4·3410	22·7105	0·8730	Esquerdes	extrafein
75·6640	3·3820	20·2225	0·7855		fein

b) Verkohlung des Holzes in Cylindern mit überhitztem Wasserdampf. Dieselbe wurde von Violette zum ersten Mal im Jahre 1847 in der Pulverfabrik zu Esquerdes eingeführt. Der Wasserdampf wird durch eine Feuerung auf diejenige Temperatur gebracht, bei welcher das Holz verkohlt werden soll. Zur Entfernung sämmtlicher flüchtigen Producte aus der Kohle wendet man eine halbe oder eine Atmosphäre Ueberdruck an.

Den zu dieser Art von Verkohlung benützten Apparat veranschaulicht Fig. 8, welche einen Längendurchschnitt des Apparates giebt.

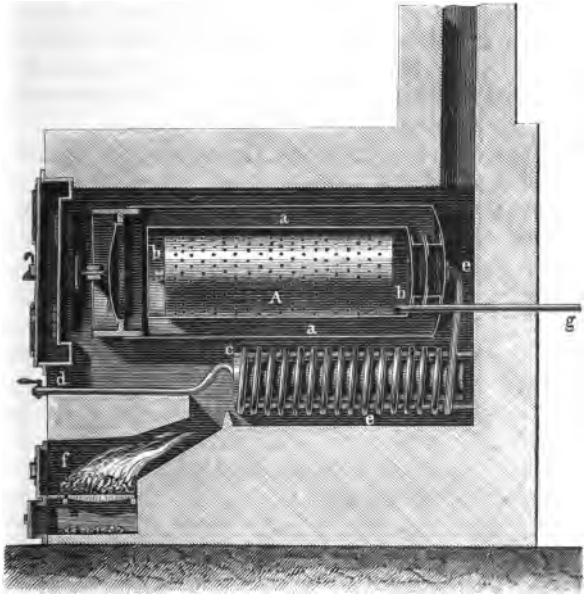
Wir unterscheiden zunächst zwei concentrische Cylinder aus Eisenblech a a und b b. Der äußere Cylinder a a dient

Digitized by Google

als Gehäuse für den inneren b b. Etwa 25—30 Kgr. des zu verkohlenden Holzes bringt man in nicht zu großen Stücken in den siebförmig durchlöcherten Cylinder A und schiebt letzteren in den Cylinder b b.

Sowie der Dampf die nöthige Spannung ($^1/_2$—1 At.) hat, zündet man im Feuerraum f das Feuer an. Der

Fig. 8.



Feuerraum ist durch ein kleines Gewölbe überspannt und eine kleine Brücke von feuerfesten Steinen zwingt die Flamme, gegen den oberen Theil des Schlangenrohres c c zu ziehen.

Damit jedoch die Flamme nicht direct in die Achse des Schlangenrohres zieht, ist in letzterer eine an beiden Enden verschlossene Trommel mittelst kleiner eiserner Klam-

Digitized by Google

mern befestigt. Durch diese Anordnung wird das Feuer gezwungen, die Windungen des Rohres zu umspülen. Der Cylinder b b ist hinten geschlossen, vorn aber offen. Der Cylinder a a ist an seinem hinteren Ende, wo das Schlangenrohr einmündet, geschlossen, vorn aber mit einem breiten, kreisförmigen Halse aus Gußeisen versehen.

Nachdem eine Viertelstunde lang das Feuer im Feuerraum f gebrannt hat, wird der gefüllte Siebcylinder in b b eingeschoben und die mit Thon bestrichene Scheibe des Cylinders a a aufgesetzt. Zwei dicke gußeiserne Thüren, die am linken Ende des Apparates (über d) angebracht sind und die jede äußere Erkaltung des Cylinders verhüten sollen, werden nunmehr geschlossen.

Nach weiteren zehn Minuten, innerhalb welcher Zeit der Thon der Scheibe des Cylinders a a trocken geworden ist, öffnet man den Dampfhahn x und läßt den Dampf einströmen. Derselbe tritt in den Boden des äußeren Cylinders ein, geht in den Zwischenraum zwischen beiden Cylindern nach vorn und von da durch das offene Ende von b b in den Siebcylinder. Er durchdringt die Zwischenräume des Holzes, verkohlt dasselbe und nimmt zugleich die sich entwickelnden Theerdämpfe mit. Durch das rückwärts am Cylinder b b eingesetzte Kupferrohr entweicht er in die freie Luft, oder wird auch verdichtet.

Durch das kleine Glasfenster bei d beobachtet man das Feuer, welch' letzteres man sehr sorgfältig regelt, damit die Erhitzung des Dampfes nach Möglichkeit gleichförmig geschieht.

Nach dem Schmelzen von verschiedenen Metall-Legirungen beurtheilt man die Temperatur im Innern des Verkohlungs-Cylinders.

Das jeweilige Stadium der Verkohlung kann man an Farbe und Geruch des bei g ausströmenden Dampfes sehr gut beurtheilen. Sowie der Dampf brenzlich zu riechen beginnt, nimmt die Verkohlung ihren Anfang, alsdann wird er dicker und erhält nach und nach ein verschiedenes Ansehen. Nach zwei Stunden vom Beginn der Destilla-

Digitized by Google

tion an gerechnet entweicht der Dampf farblos, zum Zeichen, daß die Verkohlung beendet ist.

Der Apparat muß jetzt sofort entleert werden. Wollte man auch nur wenige Minuten zögern, so würde die erhaltene rothbraune Kohle sich in schwarze verwandeln. Es wird deshalb der Dampf abgesperrt, die beiden gußeisernen Thüren geöffnet und der Deckel entfernt. Horizontal vor die Oeffnung des äußeren Cylinders wird nunmehr von zwei Arbeitern das Abkühlgefäß, ein großer Cylinder aus Eisenblech, gehalten. Ein dritter Arbeiter steckt durch das Rohr g eine lange eiserne Stange und treibt damit den Siebcylinder heraus, welcher in das Abkühlgefäß fällt.

Sofort nach dem Entleeren füllt man den Siebcylinder wieder mit Holz. Diesmal ist die Verkohlung viel rascher (in zwei statt in drei Stunden) beendet, da das Mauerwerk noch sehr heiß ist. In einem Tage vollendet man in der Regel sechs Operationen, von denen jede später folgende immer kürzere Zeit beansprucht. Die letzte ist in $1^1/_2$ Stunden beendet.

An einem Tage erhält man auf diese Weise 50 Kgr. gute Kohle.

Man kann mittelst überhitzten Wasserdampfes ebensowohl Rothkohlen (für Jagdpulver) als auch Schwarzkohlen (für Militärpulver) gewinnen. Man muß nur, wenn man die Erzeugung letzterer beabsichtigt, den Dampf entsprechend höher erhitzen.

In der Pulverfabrik zu Dresden war eine Zeit lang die Verkohlung mit überhitztem Wasserdampf eingeführt. Man erhielt aus lufttrockenem Erlenholz von 11·7 Procent Feuchtigkeit bei 350 Grad C. 29·7 bis 30·3 Procent Ausbeute an Schwarzkohle. Lufttrockenes Faulbaumholz von 11·57 Procent Feuchtigkeitsgehalt gab bei 350 Grad C. eine Ausbeute von 30·2 bis 30·4 Procent; aus Faulbaumholz von 9 Procent Feuchtigkeitsgehalt wurden erhalten bei 410 Grad C. 28·8 Procent und bei 440 Grad C. 26·6 Procent. Faulbaumholz von 10 bis 12 Procent Feuchtigkeit, welches auf Rothkohle mit überhitztem Wasserdampf

Digitized by Google

verkohlt wurde, ergab eine Ausbeute von 35 bis 40 Procent Rothkohle. Schwarzkohle wurde nebenbei gar nicht gebildet.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß die Verkohlung des Holzes mit überhitztem Dampf zwar an Rothkohle, nicht aber auch an Schwarzkohle eine höhere Ausbeute liefert als die gewöhnliche Cylinder-Verkohlung. Deshalb eignet sich diese Art der Verkohlung auch nur für Erzeugung von Rothkohle für Jagdpulver. Die für Militärpulver ausschließlich verwendete Schwarzkohle stellt man weit vortheilhafter in gewöhnlichen Cylindern dar. Denn nicht nur die procentische Ausbeute ist in letzteren eine größere, sondern auch die Anschaffungskosten eines gewöhnlichen Cylinder-Verkohlungs-Apparates sind beträchtlich geringer als die eines Violette'schen Apparates.

Der Vortheil der Verkohlung mit überhitztem Wasserdampf, welcher in der völlig gleichartigen Zusammensetzung der Dampfkohlen besteht, fällt bei Abschätzung der Vorzüge und Nachtheile dieser Methode — sofern es auf die Bereitung von Schwarzkohle ankommt — nicht ins Gewicht. Denn die ungleichartige Zusammensetzung der gewöhnlichen Cylinderkohlen kann man durch geeignetes Durcheinandermischen derselben insoweit beseitigen, daß sie auf die Güte des Schießpulvers keinen nachtheiligen Einfluß ausübt.

Deshalb ist die Verkohlung mit überhitztem Wasserdampf bis jetzt nur in wenigen Pulverfabriken eingeführt worden; manche davon, wie die königliche Pulverfabrik zu Dresden, haben dieses Verfahren wieder abgeschafft und sind zur gewöhnlichen Cylinder-Verkohlung zurückgekehrt.

Eigenschaften und Prüfung der Pulverkohle. Das *specifische Gewicht* der Pulverkohle hängt ab von dem specifischen Gewicht der angewendeten Holzart und von der Verkohlungs-Temperatur. Leichte Hölzer geben auch leichte Kohlen. Je höher ferner die beim Verkohlen des Holzes stattgehabte Temperatur, desto dichter die erzeugte Kohle. Während eine bei 150 Grad gewonnene Kohle ein specifisches Gewicht von 1·5 hat, zeigt eine bei 1500 Grad dargestellte Kohle ein specifisches Gewicht von 1·86. Die

Digitized by Google

nachfolgende Tabelle wird das Steigen der Dichtigkeit mit steigender Temperatur noch mehr veranschaulichen.

Verkohlungs-Temperatur Grad	Specifisches Gewicht der Kohle
270	1·402
290	1·406
310	1·422
330	1·428
350	1·500
440	1·709
1025	1·841
1250	1·862
1500	1·869

Es sei hier bemerkt, daß man bei der Holzkohle zweierlei specifische Gewichte unterscheidet. Die hier angegebenen Gewichte sind die Gewichte der völlig luftfreien Kohle.

Man erhält eine von Luft vollkommen befreite Kohle, wenn man dieselbe acht Tage lang im Wasser verweilen läßt.

Weit leichter jedoch sind die Holzkohlen unter gewöhnlichen Umständen, d. h. wenn ihre Hohlräume mit Luft erfüllt sind. Sie besitzen alsdann je nach der angewendeten Holzart ein specifisches Gewicht von etwa 0·15—0·20.

Was die Entzündlichkeit der Kohle betrifft, so nimmt dieselbe ab mit steigender Verkohlungs-Temperatur. Je leichter, poröser eine Kohle ist und bei je niedrigerer Temperatur sie erzeugt wurde, desto entzündlicher ist sie.

Die Abnahme der Entzündlichkeit mit zunehmender Temperatur ist ungefähr folgende:

Temperatur der Verkohlung	Temperatur der Entzündung
260 bis 280 Grad,	340 bis 360 Grad,
290 » 350 »	360 » 370 »
432 »	ca. 400 »
1000 » 1500 »	600 bis 800 »
Schmelzpunkt des Platins	ca. 1250 »

Digitized by Google

Ein Gemisch von Kohle und Schwefel entzündet sich bei einer viel niedrigeren Temperatur, als die betreffende Kohle allein. Kohlen, die bei Temperaturen zwischen 270 Grad und 400 Grad bereitet sind, entzünden sich, nachdem sie mit Schwefel gemengt sind, schon bei 250 Grad und brennen ganz ab.

Je entzündlicher die Kohle, desto leichter zersetzt sie den Salpeter. Die bei Temperaturen zwischen 270 Grad und 432 Grad bereiteten Kohlen zersetzen den Salpeter bei 400 Grad, die bei Temperaturen zwischen 1000 Grad und 1500 Grad bereiteten Kohlen zersetzen hingegen den Salpeter erst bei der Rothglühhitze.

Eine zur Schießpulver-Fabrikation geeignete Kohle muß leicht entzündlich sein, rasch verbrennen und beim Verbrennen möglichst wenig Asche geben.

Um die Kohle auf ihre Tauglichkeit zu prüfen, füllt man ein inniges Gemenge von 4 Gr. Salpeter und 0·775 Gr. Kohle in eine kleine kupferne Röhre von 0·6 Dcm. Länge und 0·6 Cm. Weite, giebt etwas Mehlpulver auf und zündet das Gemisch an. Man beobachtet, wie viele Secunden die Verbrennung dauert, und bestimmt, wie viel Asche zurückbleibt. Je rascher die Verbrennung vor sich ging und je weniger Asche zurückblieb, desto tauglicher ist natürlich die betreffende Kohle.

Wir geben nachfolgend, auf Seite 81, eine hierauf bezügliche Tabelle.

In Folge ihrer zahlreichen Hohlräume hat die aus Holz erzeugte Kohle in hohem Grade die Fähigkeit, Gase aufzunehmen und in ihren Poren zu verdichten. Uns interessirt hier nur die Fähigkeit der Kohle, Wasserdampf aus der Luft aufzusaugen, oder um den wissenschaftlichen Ausdruck dafür zu gebrauchen: das Absorptionsvermögen der Kohle für Wasserdampf.

Digitized by Google

Gemenge aus 4 Gr. Salpeter und 0·775 Gr. Kohle von	Dauer der Verbrennung in Secunden	Gewicht des Rückstandes in Gramm
Hanfstengeln	10	0·775
Asphodilstengeln	10	0·775
Weinreben	12	1·275
Kichererbsenstengeln . . .	13	1·355
Fichtenholz	17	1·936
Faulbaumholz	20	1·55
Spindelbaumholz	21	1·746
Haselholz	23	1·936
Pimentstengeln	25	2·325
Maisstroh	25	2·45
Kastanienholz	26	2·325
Nußbaumholz	29	2·13
Maiskörnern	45	2·774
Steinkohlen, Coaks . . .	50	2·90
Zucker	70	3·10

Bei je niedrigerer Temperatur die Kohle erzeugt wurde, desto mehr Wasserdampf saugt sie aus der Luft auf. Es ist dies leicht erklärlich, denn mit zunehmender Verkohlungs-Temperatur wird ja die Kohle dichter und in Folge dessen ärmer an den Hohlräumen, die den Wasserdampf in sich aufnehmen.

Um die Mengen des absorbirten Wasserdampfes für jede Temperatur der Verkohlung zu erfahren, hat man Faulbaumholz bei verschiedenen Temperaturen verkohlt und alsdann feuchter Luft ausgesetzt. Aus der Gewichtszunahme des Faulbaumholzes wurde die Menge des aufgenommenen Wasserdampfes berechnet.

Digitized by Google

Man erhielt auf diese Weise folgende Zahlen:

Temperatur der Verkohlung Grad	Menge des von 100 Theilen Kohle aufgenommenen Wassers	Temperatur der Verkohlung Grad	Menge des von 100 Theilen Kohle aufgenommenen Wassers
150	20·862	290	6·920
160	18·220	300	7·608
170	18·180	310	7·200
180	16·660	320	5·554
190	11·626	330	4·504
200	10·018	340	5·904
210	9·472	350	5·894
220	8·954	440	4·704
230	8·800	1025	4·676
240	6·666	1100	4·444
250	7·406	1250	4·760
260	6·836	1300	2 224
270	6·306	1500	2·204
280	7·879		

Gepulverte Kohle absorbirt nahezu doppelt so viel Feuchtigkeit aus der Luft als ganze Stückkohlen. Im ersteren Falle ist auch der Feuchtigkeit weit mehr Oberfläche zum Verdichten geboten als im letzteren.

Zusammenhängend mit der Eigenschaft der aus Holz erzeugten Kohle, Gase in ihren Hohlräumen zu verdichten, ist die zuweilen vorkommende Selbstentzündung der Kohle. Dadurch, daß die absorbirten Gase in der Kohle sich verdichten, wird Wärme frei, und wenn besondere (uns bis jetzt noch wenig bekannte) Umstände hinzutreten, so steigert sich diese Erwärmung der Kohle bis zu ihrer freiwilligen Entzündung.

Zur Erforschung des wirklichen Grundes der Selbstentzündung wurden in der ehemaligen Berliner Pulverfabrik eine Reihe von Versuchen mit Cylinderkohle angestellt, welche folgende Resultate ergaben: Eine mit 28 Procent Ertrag bereitete Faulbaumkohle entzündet sich um so leichter,

Digitized by Google

je kürzer der Zeitraum zwischen der Gewinnung der Kohlen und deren Aufbewahrung im gekleinten Zustande ist. Schwarze, starkgebrannte Kohle erhitzt und entzündet sich leichter als rothe und wenig gebrannte Kohle. Frisch bereitete, fein zertheilte Kohle entzündet sich in Quantitäten von 60 Kgr. nur dann freiwillig, wenn sie in einem Gefäße wenigstens 0·62 Meter hoch aufgeschüttet sich befindet. Die Entzündung zeigt sich fast immer zuerst im Innern der Kohlenmasse, nicht an der Oberfläche.

Die Selbstentzündung der Kohlen tritt hauptsächlich dann ein, wenn frisch bereitete, fein gepulverte Holzkohle in größeren Quantitäten aufgeschichtet wird.

Daß man bei der Pulverkohlen-Fabrikation auf diese Eigenschaft der Kohle Bedacht zu nehmen und Alles zu vermeiden hat, was eine Selbstentzündung der Kohlen bewirken könnte, ist selbstverständlich.

Wir wenden uns nunmehr, nachdem wir die drei Mischungsbestandtheile des Schießpulvers, deren Gewinnung, Eigenschaften und Prüfung kennen gelernt haben, der Fabrikation des Schwarzpulvers zu.

Die Fabrikation des Schwarzpulvers.

Die Salpeter- und Schwefelläuterung. Da von der Reinheit dieser beiden Pulverbestandtheile so sehr die Güte des Pulvers abhängt, werden in den meisten größeren Pulverfabriken Salpeter sowohl wie Schwefel nochmals einem Reinigungsproceß (Läuterung) unterworfen. Der sicilianische Stangenschwefel wird (obwohl in der Regel vollkommen rein) namentlich deshalb geläutert, um ihm dadurch in eine zum Kleinen geeignetere Form überzuführen.

Digitized by Google

Das Läuterungs-Verfahren für Salpeter ist fast in allen Fabriken dasselbe und geschieht gewöhnlich in folgender Weise:

In einem eingemauerten, kupfernen Kessel von ungefähr 3000 Liter Inhalt werden 1400 Liter Wasser zum Sieden erhitzt. In das siedende Wasser trägt man nach und nach in einzelnen Portionen von je 50 Kgr. 2500 Kgr. Rohsalpeter ein und beschleunigt seine Lösung durch fleißiges Umrühren.

Hierauf löst man 830 Gr. Leim in 8 Liter heißen Wassers und fügt die Lösung der Salpeterlauge bei. Der Leim verbindet sich mit den organischen Stoffen zu einer geronnenen Masse, welche als Schaum an die Oberfläche steigt. Dieser Schaum wird, sowie er sich zeigt, von der Oberfläche der Flüssigkeit abgeschöpft.

Sowie die Lauge eine Concentration von 54 Grad Bé. erreicht hat, deckt man den Kessel mit einem großen hölzernen Deckel zu und unterbricht die Feuerung.

Nach ungefähr zwölf Stunden läßt man die Lauge in kupferne Krystallisirgefäße ab. Ueber letztere legt man Rahmen mit doppelter Leinwand, um die Lauge auf diese Weise noch zu coliren, ehe sie in die Krystallisirpfannen gelangt.

In den Krystallisirpfannen wird die Lauge mit hölzernen Krücken beständig umgerührt, wodurch der Salpeter als feines Krystallmehl ausfällt. Würde man ohne umzurühren den Salpeter krystallisiren lassen, so erhielte man große Salpeterkrystalle, die noch eine Menge Mutterlauge in sich schließen würden.

Den auskrystallisirten Salpeter schöpft man in Körbe mittelst durchlöcherter Kupferlöffel. Die Körbe stellt man auf Bretter über die Krystallisirpfanne und läßt hier dieselben so lange stehen, bis die Mutterlauge völlig von den Krystallen abgetropft ist.

Der Salpeter kommt hierauf aus den Körben in kupferne Waschkasten, in welchen ein hölzerner, durchlöcherter Boden angebracht ist In diesen Behältern wird der Sal-

Digitized by Google

peter gleichmäßig vertheilt und alsdann derselbe mittelst einer kleinen Gießkanne mit Flußwasser begossen. Das unter dem hölzernen Boden sich ansammelnde Waschwasser wird in besondere Reservoirs abgelassen. Man gewinnt aus diesen Waschwassern, ebenso wie aus den vom auskrystallisirten Salpeter übrig bleibenden Laugen den Salpeter in derselben Weise wieder wie in den Salpetersiedereien den Rohsalpeter.

Der gewaschene Salpeter kommt zunächst in große Kasten, wo er ungefähr 12 Stunden verbleibt, damit das Waschwasser vollends abtropfen kann.

Nun wird der Salpeter auf große, mit leinenen Decken belegte hölzerne Gitterrahmen ausgebreitet. Hier verliert er den größten Theil seiner Feuchtigkeit. Den letzten Rest von Feuchtigkeit entfernt man in kupfernen Trockenpfannen, welche durch warme Luft erhitzt werden. Bei diesem letzten Trocknen rührt man den Salpeter beständig mit hölzernen Krücken um und schlägt etwa sich zusammenballende Klumpen mit hölzernen Hämmern auseinander. Man erwärmt so lange, bis der Salpeter zu stäuben anfängt. Er wird nunmehr in hölzerne, 50 Kgr. fassende Tonnen geschüttet.

Neuerdings hat man auch Versuche angestellt, den Salpeter statt auf angegebene umständliche Weise zu behandeln, mit Hilfe von Centrifugen zu reinigen.

Die Läuterung des Schwefels. Bevor dieselbe vorgenommen wird, prüft man den Schwefel auf etwaige Verunreinigungen.

Man reibt ein wenig Schwefel fein und kocht ihn mit destillirtem Wasser aus. Wird blaues, in die Flüssigkeit getauchtes Lackmuspapier roth, so ist hiermit ein Gehalt an Schwefelsäure oder schwefliger Säure erwiesen. Derartiger Schwefel wird ohne weitere Umstände dem Lieferanten zur Verfügung gestellt.

Eine hellgelbe oder röthliche Farbe des Schwefels ist meist ein Anzeichen, daß derselbe Arsen enthält. Arsenhaltiger Schwefel giebt nach Behandlung mit wässerigem Ammoniak und nach Zusatz von Salzsäure zur erhaltenen ammoniakalischen Lösung eine gelbe Ausscheidung von Schwefelarsen.

Digitized by Google

Um den Schwefel zu läutern, bringt man denselben in einen in einem Herde eingemauerten Kessel, welcher ungefähr 75 Kgr. faßt, und erhitzt ihn langsam zum Schmelzen.

Sowie der Schwefel flüssig geworden ist, wird er in emaillirte, eiserne Töpfe durch Gaze filtrirt. Nach dem Erkalten ist der Schwefel sehr bröckelig geworden. Man hebt ihn in Tonnen von 100 Kgr. Inhalt auf.

Die Zusammensetzung (Dosirungs-Verhältnisse) des Schwarzpulvers. Dieselbe ist eine verschiedene, je nachdem man Militärpulver, Jagdpulver oder Sprengpulver darzustellen beabsichtigt. Vom Militärpulver verlangen wir eine hohe Triebkraft, vom Jagdpulver eine schnelle Entzündlichkeit, vom Sprengpulver eine möglichst große Menge Gas.

Das Jagdpulver erhält im Vergleiche zum Militärpulver mehr Salpeter und statt der Schwarzkohle die weit leichter entzündliche Rothkohle. Das Sprengpulver erhält im Vergleiche zum Militärpulver mehr Schwefel und Kohle, wodurch die Bildung einer größeren Menge von Gas begünstigt wird.

Das Sprengpulver wird durch diese Aenderung in der Mischung billiger, allerdings auf Kosten der schnellen Entzündlichkeit. Es kommt uns jedoch beim Sprengpulver auch gar nicht auf rasche Entzündlichkeit, sondern nur darauf an, daß die, wenn auch langsam sich entwickelnden, aber reichlichen Gasmengen erschütternd und spaltend auf das Gestein wirken.

Bisher nahm man zum Sprengpulver möglichst wenig Salpeter und viel Schwefel und Kohle, wodurch eine große Menge von Kohlenoxydgas beim Entzünden des Pulvers sich bildete. Neuerdings ist man jedoch von der Ansicht, daß Sprengpulver nothwendigerweise ein »Kohlenoxydgas-Pulver« sein müsse, abgekommen, man verwendet vielmehr jetzt salpeterreichere Mischungen, welche rascher abbrennen als das ehemalige Sprengpulver, und dadurch weniger Gasverlust durch die Gesteinsspalten erleiden.

Digitized by Google

Die größte Wirksamkeit hätte unstreitig jenes Schwarzpulver, welches sich beim Entzünden vollständig in Gase verwandelte. Eine solche ideale Pulvermischung läßt sich jedoch nicht herstellen, weil im Schwarzpulver ja auch nicht flüchtige Bestandtheile (das Kali des Kalisalpeters und die Asche der Kohle) enthalten sind. Es werden deshalb, wie immer auch die Zusammensetzung der Pulvermischung erfolgen mag, die Aschenbestandtheile der Kohle und namentlich verschiedene Kaliumverbindungen (kohlensaures und schwefelsaures Kalium, Schwefelkalium u. s. w.) im Pulverrückstand verbleiben.

Demnach wäre unsere Aufgabe darauf beschränkt, dem Pulver diejenige Zusammensetzung zu geben, bei welcher möglichst wenig Pulverrückstand und möglichst viel Pulvergase sich bilden. Doch muß von vornherein bemerkt werden, daß auf derartige theoretisch berechnete »beste Pulvermischungen« nicht viel zu geben ist. Wir dürfen nicht vergessen, daß wir es mit keinem Material von stets gleicher Beschaffenheit zu thun haben. Die Pulverkohle wechselt ungemein in ihrem Kohlenstoffgehalt und auch in ihren physikalischen Eigenschaften, nach der Holzart und der Fabrikationsmethode. Außerdem sind unsere Kenntnisse über die beim Verbrennen des Pulvers stattfindenden Vorgänge, trotzdem neuere Untersuchungen sehr viel Licht in diese gleichzeitig wirkenden chemischen und physikalischen Processe gebracht haben, immer noch lückenhaft. So lange wir aber nicht im Stande sind, von jeder beliebigen Pulvermischung im voraus die bei der Explosion entstehenden Zersetzungsproducte unter den verschiedensten Umständen zu bestimmen, so lange haben auch von der Theorie ausgerechnete wirksame Pulvermischungen wenig Werth. Bis jetzt entscheidet hier also lediglich die Praxis, die praktische Erprobung und Bewährung der betreffenden Pulvermischung.

Schon lange, bevor man über die chemische Zusammensetzung der Pulverbestandtheile oder der Verbrennungsproducte des Pulvers eine Ahnung hatte, hat die praktische Erfahrung brauchbare Pulvermischungen gefunden, und diese

Digitized by Google

Mischungen nähern sich oft auffallend denjenigen, welche unsere ersten Militärstaaten der Neuzeit nach reiflicher Prüfung als die besten für ihre Heere adoptirt haben.

Die allerälteste in Deutschland angewendete Pulvermischung soll aus gleichen Theilen Salpeter, Schwefel und Kohle bestanden haben.

Im Jahre 1546 finden wir folgende Verhältnisse angegeben:

	Grobes Geschütz	Mittleres	Büchsen
Salpeter . . .	50·0	66·7	83·4
Schwefel . . .	33·3	20·0	8·3
Kohle	16·7	13·3	8·3

Fronsperger giebt in seinem Kriegsbuche von 1555 als Pulvermischung an: Salpeter $66^6/_9$, Schwefel $22^2/_9$, Kohle $11^1/_9$.

Im Jahre 1649 hatte man folgende Mischungen:

	Grobes Geschütz		Gewehre		Pistolen	
Salpeter	66·8	70·0	72·5	75·5	78·7	85·6
Schwefel	16·6	14·0	13·0	11·2	9·4	8·5
Kohle .	16·6	16·0	14·5	13·3	11·9	5·9

Zur Zeit Friedrichs des Großen hatte man in Preußen nachstehende Mischungsverhältnisse eingeführt:

	Grobes Pulver	Feines
Salpeter . .	74·4	80
Schwefel . .	12·3	10
Kohle . . .	13·3	10

Im Anfang dieses Jahrhunderts wurden in Preußen genommen:

Salpeter	75
Schwefel	10
Kohle	15

Digitized by Google

Späterhin wurde diese Mischung ersetzt durch Salpeter 75, Schwefel 11·5, Kohle 13·5.

Gegenwärtig, soweit nicht schon das »rauchlose Pulver« Verwendung findet, ist in Preußen und dem Deutschen Reich folgendes Mischungsverhältniß adoptirt:

Salpeter	74
Schwefel	10
Kohle	16

Aehnliche Aenderungen, wie in Deutschland, haben auch in den anderen Staaten die Pulvermischungen im Laufe der Jahrhunderte erfahren.

In Frankreich wählte man die Mischung von Salpeter 75, Schwefel 12·5 und Kohle 12·5. Eine dieser Mischung gleiche empfahl schon 1598 Boillot und ebenso 1619 de Bry. Auch Baptista Porta's vom Jahre 1567 herrührende Vorschriften sind dieser modernen französischen Pulvermischung fast gleich.

Der Schweizer Satz (»Das Schießpulver von Basel«) wurde lange Zeit als die beste Pulvermischung anerkannt. Es bestand aus Salpeter 76, Schwefel 10, Kohle 14.

Obwohl wir von vornherein der Theorie, was die Auffindung der besten Pulvermischungen betrifft, keinen großen Werth beigelegt haben, so seien hier doch Versuche erwähnt, welche verschiedene, meist französische Chemiker über das günstigste Verhältniß zwischen Salpeter, Schwefel und Kohle angestellt haben.

Man fand, daß gerade $^1/_6$ Kohle nöthig sei, um einen Theil Salpeter vollständig zu zersetzen. Bei kleineren Mengen Kohle blieb noch unzersetzter Salpeter oder salpetrigsaures Kalium im Rückstand, durch größere Quantitäten Kohle wurde die Dauer des Verbrennens noch verkürzt, aber es bildete sich dann weniger Kohlensäure und mehr Kohlenoxyd.

Für Schwefel ergab sich als günstigstes Verhältniß $^1/_6$ Schwefel auf 1 Salpeter, bei welchem in der kürzesten Verbrennungszeit die größte Menge Gas erzeugt wurde.

Digitized by Google

Demnach hätten wir als das günstigste Verhältniß
Salpeter 6, Schwefel 1, Kohle 1
zu bezeichnen.

Diese Mischung galt in der That lange Zeit in vielen Ländern für die beste und ist, wie ein Blick auf die weiter unten folgende Tabelle belehrt, noch gegenwärtig in Frankreich, Belgien und Persien eingeführt.

Man hat auch, um das günstigste Verhältniß zwischen den drei Pulverbestandtheilen herauszufinden, die Menge Gas gemessen, welche verschiedene Pulvermischungen beim Verbrennen gaben.

Es lieferten

100 Theile Pulver aus

Salpeter	Schwefel	Kohle	Cubikzoll Gas
70·0	12·0	18·0	107
73·2	12·2	14·6	100
75·0	12·5	12·5	113
76·2	12·8	11·0	112

Wir geben nunmehr eine Zusammenstellung der Mischungsverhältnisse für Militärpulver in einigen größeren Staaten:

	Preußen	Sachsen	Rußland	Schweden	England	Frankreich	Belgien	Persien	Oesterreich	Ver. Staaten
Salpeter . . .	74	74	75	75	75	74·0	75·5	75·0	75·5	76
Schwefel . . .	10	10	10	10	10	10·5	12·0	12·5	10·0	10
Kohle	16	16	15	15	15	15·5	12·5	12·5	14·5	14

In England verwendet man für grobkörniges Pulver zu den gezogenen Geschützen:

Salpeter 74, Schwefel 10·5, Kohle 15·5.

Digitized by Google

Die Vorschriften für Jagdpulver sind ebenso mannigfaltige wie die für Militärpulver. Zu Jagdpulver nimmt man, wie schon bemerkt, die leicht entzündlichere Rothkohle und im Vergleich zum Militärpulver mehr Salpeter.

Wir führen hier eine deutsche und französische Vorschrift für Jagdpulver an:

	Deutsche Vorschrift	Französische
Salpeter	78·5	78
Schwefel	10·0	12
Kohle	11·5	10

Bunsen und Schischkoff untersuchten ein Jagdpulver und fanden in demselben:

Salpeter		78·99
Schwefel		9·84
Kohle	Kohlenstoff . .	7·69
	Wasserstoff . .	0·41
	Sauerstoff . .	3·07
		100·00

Bei dem Sprengpulver verringert man den Salpeter und erhöht dafür den Gehalt an Schwefel oder an Kohle oder an beiden zugleich.

Wir führen hier einige Sprengsätze neuerer Zeit an:

	Deutscher Satz	Oesterreichischer	Italienischer	Französischer
Salpeter . .	66·0	64	70	65
Schwefel . .	12·5	16	18	20
Kohle . . .	21·5	20	12	15

Wir haben schon erwähnt, daß man in neuester Zeit den Sprengpulver-Mischungen mehr Salpeter wie bisher zusetzt, um durch die in Folge des höheren Salpetergehaltes

Digitized by Google

bewirkte schnellere Explosion den Verlust an Gas, welches bei langsamer Explosion Zeit findet, durch die Gesteinsspalten zu entweichen, zu vermeiden. Außerdem hatten die älteren Sprengpulver-Mischungen den Nachtheil, daß sich in Folge der großen Menge Kohle allzu viel Kohlenoxydgas bei der Explosion bildete. Da aber dieses Gas bei seiner Bildung weniger Wärme erzeugt als die sonst vorwiegend sich bildende Kohlensäure, so wurden die Pulvergase weniger ausgedehnt, d. h. ihre Spannkraft verringert.

So enthält z. B. besonders starkes Sprengpulver:

Salpeter	70	Theile
Schwefel	15	»
Kohle	15	»

Militär-, Jagd- und Sprengpulver unterscheiden sich nicht nur durch ihre Zusammensetzung, sondern auch durch ihre äußere Beschaffenheit. Das Jagdpulver ist am theuersten und hat demgemäß ein tadelloses Aeußere, ein feines und glattes Korn. Das Militärpulver wird zwar sorgfältig hergestellt, aber auf sein äußeres Aussehen aus Billigkeitsrücksichten nicht allzu viel Gewicht gelegt. Das Musketenpulver enthält also schon ein gröberes, das Kanonenpulver das gröbste Korn. Das Sprengpulver, welches von allen dreien am billigsten hergestellt werden muß, ist in Bezug auf sein äußeres Ansehen nothwendigerweise am meisten vernachlässigt.

In neuerer Zeit kommt das gepreßte (comprimirte) Sprengpulver immer mehr in Gebrauch. Es wird nämlich das fertige, aber noch etwa 2—3 Procent Feuchtigkeit enthaltende Pulver in geeigneten, meist hydraulischen Formpressen zu festen Cylindern gepreßt, welche gewöhnlich einen schwach conischen Zündcanal zur Aufnahme der Zündschnur erhalten. In England ertheilt man manchmal dem Canale eine so stark konische Form, daß ein umgebogenes Ende der Zündschnur sich darin festklemmt, und die Patronen dann, auf die Zündschnur aufgereiht, in die Bohrlöcher auf einmal eingeschoben werden können.

Digitized by Google

Wir sahen bereits, daß die drei Bestandtheile des Pulvers von größter Reinheit sein müssen, wenn man überhaupt ein brauchbares Schießpulver erhalten will. Ebenso wichtig aber als die Reinheit der Bestandtheile sind die nunmehr zu besprechenden nächsten drei Operationen der übrigens, was den maschinellen Theil anbelangt, höchst einfachen Schießpulver-Fabrikation.

Die drei Bestandtheile des Schießpulvers müssen möglichst fein gepulvert und möglichst innig mit einander vermengt werden. Die erhaltene Pulvermischung muß endlich durch starkes Pressen verdichtet werden. Diese drei Operationen: das Kleinen, Mengen und Dichten sind, wie gesagt, der wichtigste Theil der Schießpulver-Fabrikation. Denn ohne gehöriges Zerkleinern der drei Bestandtheile läßt sich eine innige Mischung derselben und in Folge dessen eine gleichmäßige Wirkung des Pulvers absolut nicht erreichen. Das Dichten aber ist insofern für die Eigenschaften des Pulvers von höchster Bedeutung, als desto mehr wirksame Bestandtheile in einem Pulvervolumen sich finden und desto mehr Gase aus ihm sich beim Entzünden entwickeln werden, je besser das Pulver gepreßt wurde.

An das Kleinen, Mengen und Dichten schließt sich das Körnen, das vorläufige Lufttrocknen, das vorläufige Sortiren und Ausstäuben, das Poliren (Abrunden), das Trocknen, das Ausstäuben und das Sortiren des Pulvers.

Da sich das Schießpulver nicht nur in Berührung mit glühenden oder brennenden Körpern, sondern ebenso gut auch durch Reibung und Schlag entzündet, so wird es in den einzelnen Stadien seiner Fabrikation, insofern es einer Reibung oder einem Schlage ausgesetzt werden muß, in befeuchtetem Zustande verarbeitet

Wir besprechen nunmehr die einzelnen Operationen der Schießpulver-Fabrikation. Die mehr oder weniger großen Abänderungen, die in der Reihenfolge dieser Operationen in den einzelnen Fabriken getroffen werden, sind zahlreiche. Beispielsweise kann man das Kleinen, Mengen und Dichten in einer einzigen Operation vornehmen (ältestes Verfahren)

Digitized by Google

oder das Kleinen für sich und das Mengen und Dichten in einer Operation oder endlich jede der genannten Operationen für sich getrennt. Ferner kann man das Kleinen, Mengen und Dichten in einer Operation in Stampfmühlen, durch Hämmer oder durch Walzmühlen (Kollermühlen) vornehmen. Das Kleinen kann für sich in Stampfmühlen, auf Walzmühlen oder in Trommeln geschehen. Ferner hat man bei dem Mengen und Dichten in einer Operation die Wahl zwischen Stampfmühlen und Walzmühlen. Das Mengen der zuvor gekleinten Substanzen endlich kann man in Trommeln oder auf Kollermühlen bewerkstelligen. Nimmt man noch hinzu die mannigfaltigen Abänderungen, deren jede einzelne dieser Methoden fähig ist, so überblicken wir ein ganzes Chaos von verschiedenen Fabrikations-Methoden.

Wir wollen uns jedoch nicht durch eine sorgfältige, aber nutzlose Aufzählung aller dieser verschiedenen Methoden den klaren Ueberblick über die sonst so einfache Pulverfabrikation trüben. Wir werden vielmehr nur diejenigen Methoden ausführlicher besprechen, welche gegenwärtig am meisten in der Praxis angewendet werden. Nebenbei bleibt uns noch ein flüchtiger Blick auf die minder wichtigen Methoden.

Des besseren Verständnisses halber beginnen wir mit derjenigen Methode, welche als die älteste und als die früher allgemein angewendete zu bezeichnen ist.

1. Das Kleinen, Mengen und Dichten in einer Operation.

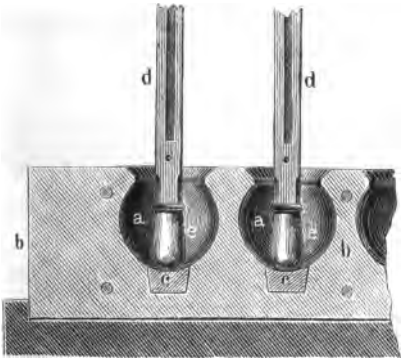
a) Durch Stampfmühlen. In der ersten Zeit der Pulverbereitung, also im XIV. und zu Anfang des XV. Jahrhunderts gab man einfach die in den damals üblichen Gewichtsverhältnissen abgewogenen drei Bestandtheile in einem hölzernen Mörser und stampfte sie mittelst eines hölzernen Stempels durcheinander. Es wurde auf diese Weise das Kleinen, Mengen und Dichten in einer Operation, und zwar auf höchst mangelhafte und zeitraubende Art und Weise vorgenommen.

Digitized by Google

Um namentlich auch das nach dieser Methode nöthige bedeutende Arbeiterpersonal zu sparen, erfand man die Stampfmühlen. Harscher in Nürnberg errichtete die erste dieser Stampfmühlen im Jahre 1435 und in der zweiten Hälfte des XV. Jahrhunderts waren sie beinahe in allen europäischen Ländern schon eingeführt.

Bei den Stampfwerken unterscheidet man folgende Haupttheile; einen horizontal liegenden eichenen Baum b b (Fig. 9) (Mörser, Grubenstock), in welchem in Entfernungen

Fig. 9.



von je etwa 0·7 Meter eine Anzahl von Stampflöchern eingebohrt sind.

Diese Stampflöcher müssen in der Mitte sich bauchig erweitern und nach den Enden zu sich wieder verengen, damit die während des Stampfens gerne an den Wänden sich hinaufziehende Pulvermasse von selbst wieder in das Stampfloch zurückfallen kann.

In den Boden eines jeden Stampfloches wird ein Stück sehr harten Holzes (c) eingesetzt.

Die Stempel oder Stampfer (d d), welche aus Buchen- oder Ahornholz verfertigt sind, haben eine Länge von etwa

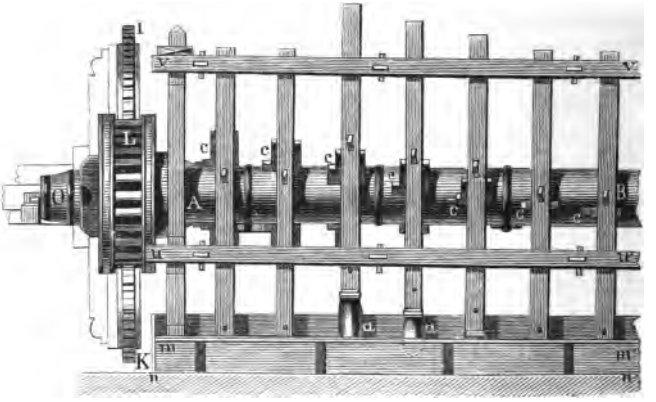
Digitized by Google

$2^1/_2$ Meter und eine Dicke von circa 0·1 Meter. Unten haben die Stampfer einen Schuh aus Bronze (e e).

In der Regel kommt auf ein Stampfloch ein Stampfer, zuweilen jedoch, wie früher namentlich in Oesterreich und Schweden, drei bis vier Stampfer.

Die Stampfer werden entweder durch ein Wasserrad oder durch den Pferdegöpel in Bewegung gesetzt.

Fig. 10.



Die Bewegung theilt sich zunächst den beiden Kammrädern I und L (Fig. 10) und durch diese der Daumenwelle A B mit. Letztere trägt zahnartige Erhöhungen, »Hebedaumen« (c c), die den zugehörigen Stempel beim Drehen der Welle an der Hebelatte ergreifen. Hat sich der Hebedaumen bei seiner Drehung weit genug von dem Stempel entfernt, so gleitet die Hebelatte von ersterem ab und der Stempel fällt (von einer Höhe von etwas über 0·4 Meter) in das Stampfloch.

Bei diesem alten Stampfverfahren wurden ungefähr 8—10 Kgr. der abgewogenen Mischung (der Schwefel grob gepulvert, die Kohle in Stäben, der Salpeter als Mehl) in

Digitized by Google

je ein Stampfloch gethan, mit Wasser (auch wohl mit Essig oder Harn) befeuchtet und alsdann einige Stunden gestampft.

Es ist ohneweiters einzusehen, daß, wenn auf diese Weise das Kleinen, Mengen und Dichten in einer einzigen Operation vorgenommen werden soll, die Bestandtheile weder vollkommen fein gepulvert, noch hinreichend gemengt oder gedichtet werden können. Denn das Zerkleinern ist eine Operation, die dem Mengen und Verdichten gerade entgegengesetzt ist. Beim Zerkleinern sollen die einzelnen Theilchen von einander getrennt, bei den beiden anderen Operationen aber innig miteinander vermengt und aneinander gepreßt werden. Zwei solche in ihrer Art verschiedene Wirkungen kann aber offenbar ein und dieselbe maschinelle Vorrichtung nicht ausüben.

Außerdem ist das Stampfen eine sehr gefährliche Operation. Es ist bei dem Stampfen nicht zu vermeiden, daß sich auf dem Boden der Mörser und an den Stampfen eine festgeballte Masse ansetzt, welche der weiteren Mengung entgeht. Diese unbeweglich an derselben Stelle verharrende Masse kann sich leicht bis zur Entzündungstemperatur des Pulvers erwärmen.

Wegen dieser mit der Anwendung der Stampfer verbundenen großen Explosionsgefahr hat man in England die Stampfwerke überhaupt verboten.

Wir werden übrigens auf die Stampfmühlen nochmals eingehender bei Besprechung des Mengens und Dichtens in einer Operation zurückkommen.

b) Durch Hämmer wird das Kleinen, Mengen und Dichten nur mehr sehr selten vorgenommen. Das Verfahren ist ungefähr dasselbe wie bei den Stampfmühlen, nur daß man statt der Stempel Hämmer anwendet. Die 50 Kgr. schweren Hämmer treffen von einer Fallhöhe von 0·46 Meter die Pulvermischung 85mal in der Minute. Die Hämmer werden durch ein Wasserrad in Bewegung gesetzt.

c) Durch Walz- oder Kollermühlen. Diese Methode ist mindestens schon dreihundert Jahre bekannt, indessen erst allmählich in England, Deutschland und Italien

Digitized by Google

und am spätesten in Frankreich eingeführt worden. Die Einrichtung dieser Apparate und die Arbeit mit denselben wird bei der Besprechung der Zerkleinerung der einzelnen Bestandtheile durch Walzmühlen angeführt werden.

Die Art und Weise, wie das Verarbeiten der Mischung auf den Kollermühlen vorgenommen wird, ist in den einzelnen Ländern wieder verschieden. In Deutschland und Belgien zerkleinert man zuerst Schwefel und Salpeter getrennt in Kollermühlen, mischt beide Bestandtheile zusammen, bringt sie wieder in die Kollermühle, breitet die Kohle in ganzen Stücken darüber aus und mahlt dieses Gemenge fein.

Zu Waltham-Abbey bei London werden Schwefel, Kohle und Salpeter, jeder Bestandtheil für sich, gröblich zerkleinert, dann gemengt und unter den Läufern fertig gemahlen.

In einigen deutschen und französischen Pulverfabriken werden Schwefel und Kohle zuerst in Trommeln fein gepulvert, hierauf mit dem Salpetermehl gemischt und die Mischung unter der Kollermühle weiter verarbeitet.

Man befeuchtet die Mischung nicht sofort mit Wasser, sondern läßt etwa eine halbe Stunde lang dieselbe in trockenem Zustande von den Läufern zermahlen und mengen. Namentlich letztere Operation wird, wenn die Mischung trocken ist, ungemein erleichtert.

Hierauf übergießt man mittelst einer Gießkanne die Mischung mit so viel Wasser, daß sie ungefähr 2 Procent ihres Gewichtes davon aufnimmt. Sobald sich Staub zeigt, wird mit einer neuen Menge Wasser angefeuchtet. Im Ganzen nimmt die Pulvermischung etwa 7 Procent ihres Gewichtes an Wasser auf. Zu feucht darf die Mischung nicht sein, weil sonst kein inniges Durcheinandermengen derselben erzielt wird, indem die allzu feuchte Masse sich der Wirkung der Läufer mehr oder weniger entzieht.

Sowie die Mischung eine salbenartige Beschaffenheit annimmt, ist dies ein Zeichen, daß die Operation vollendet ist. Jetzt vermindert man zunächst die Umdrehungsgeschwin-

Digitized by Google

digkeit der Läufer. Weil letztere nunmehr in Folge ihrer verlangsamten Bewegung längere Zeit ihre pressende Wirkung auf die einzelnen Theile der Pulvermasse ausüben können, so trägt dieser letzte Theil der Operation hauptsächlich dazu bei, der Mischung die gehörige Dichte zu verleihen.

Die Gefahr einer zufälligen Explosion ist bei Anwendung der Kollermühlen fast ebenso groß als bei den Stampfwerken. Namentlich in jenem Stadium des Processes ist beständige Gefahr, in welchem die Pulvermischung Neigung bekommt, sich in Klümpchen zusammenzuballen und an die Läufer zu hängen. Hierdurch werden zeitweise einzelne Stellen des Bodens frei, so daß letzterer und der Läufer in unmittelbare Berührung kommen. Ein einziger Funke, welcher unter diesen Umständen durch die große Reibung erzeugt wird, genügt zur Hervorrufung der Explosion.

Man hat deshalb die verschiedenartigsten Sicherungen gegen eine derartige Explosion getroffen. Das ganze Gebäude, in welchem die Kollermühlen gehen, ist möglichst luftig aus leichtem Holzwerke gebaut. Am Dache sind Klappen angebracht, die bei einer etwaigen Explosion sich durch den Gasdruck sofort nach außen öffnen, so daß die Explosionsgase rasch entweichen können und in Folge dessen die zerstörende Wirkung der Explosion nach Kräften abgeschwächt wird.

In der Pulverfabrik zu Cambridge befindet sich über dem Lager der Mühle ein Wasserbehälter. Bei etwaiger Explosion öffnen sich durch den Gasdruck am Boden des Wasserbehälters angebrachte Klappen und das Wasser strömt sofort über die Läufer.

2. Das getrennte Kleinen der einzelnen Bestandtheile.

Dasselbe kann entweder in Stampfmühlen oder auf Walzmühlen oder endlich in Pulverisir- (Brech-) Trommeln vorgenommen werden.

a) Das Zerkleinern durch Stampfmühlen geschieht gegenwärtig nur noch in wenigen kleinen Fabriken.

Digitized by Google

Der Salpeter wird nur dann gestampft, wenn derselbe als geschmolzener Salpeter angewendet wird. Dagegen wird Salpetermehl, weil es schon einen hinreichenden Grad von Feinheit besitzt, nicht gestampft.

Der gestampfte Salpeter sowohl wie der gestampfte Schwefel werden durch messingene Siebe von sehr engen Maschen gesiebt.

Die Kohle wird vor dem Stampfen mit beinahe dem gleichen Gewicht Wasser angefeuchtet und alsdann etwa eine halbe Stunde gestampft. Gewöhnlich kommen 10 Kgr. Kohle in ein Stampfloch und werden hier mit etwa 1000 Schlägen zerkleinert.

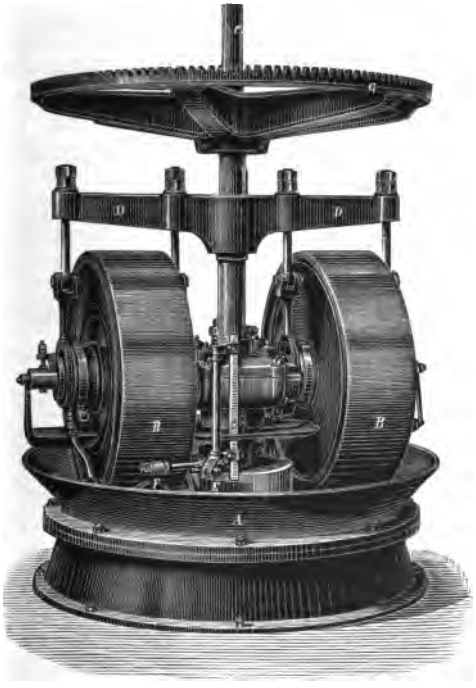
b) Das Zerkleinern auf Walzmühlen ist gegenwärtig sehr gebräuchlich. Die Ausführung dieser Operation haben wir bereits bei Besprechung des »Kleinens, Mengens und Dichtens in einer einzigen Operation« beschrieben.

Die Einrichtung eines modernen Läuferwerkes, System Gruson, ist aus Fig. 11 ersichtlich. Die auf dem Teller A ausgebreitete Masse wird durch die Läufer B B zermalmt, und durch die Pflüge E, welche an zwei, auf der Königswelle C aufgekeilten schmiedeeisernen Armen befestigt sind, immer wieder in die Bahn der Läufer zurückgeführt. An jedem Läufer ist ein Kratzer F angebracht, welcher verhindert, daß Pulver aus dem Teller herausgeworfen wird. Die Läufer werden aus Hartguß hergestellt, abgedreht und polirt; ihr Gewicht beträgt etwa 5500 Kgr. bei einem Durchmesser von 1500 Mm. und eine Breite von 470 Mm.; sie werden von der Königswelle C aus in Umdrehung versetzt. Jeder Läufer dreht sich auf einer mit ihren Zapfen im Kreuzkopf der Königswelle gelagerten Kurbelachse, und ist an einer auf der Königswelle sitzenden Traverse D doppelt aufgehangen. Durch diese Einrichtung wird bewirkt, daß sich jeder Läufer unabhängig vom anderen bewegt und mit seiner arbeitenden Fläche stets parallel zur Bahn bleibt, gleichviel ob sich unter dem einen oder anderen Läufer eine größere Menge Pulvers angesammelt hat. Auch werden die Läufer verhindert, auf die Bahn zu fallen und auf kleine

Digitized by Google

verstreute Mengen Pulver, welche leicht zur Entzündung neigen, einzuwirken. Zum Betriebe des Läuferwerkes dient das conische Rad G, welches, wenn der Betrieb von oben

Fig. 11.



erfolgt, mit einem Schutzblech versehen ist, welches die Läuferbahn vor herabfallenden Gegenständen schützt.

c) Das Zerkleinern in Trommeln. Die Pulverisirtrommeln (Brechtrommeln) kamen Ende des vergangenen Jahrhunderts in Frankreich auf. Die Revolutionskriege hatten einen ganz außerordentlichen Bedarf an Schießpulver zur Folge, so daß die bis dahin allein üblichen Stampf- und

Digitized by Google

Walzmühlen den gesteigerten Ansprüchen nicht mehr genügten. Man hat seines Ursprunges halber dieses Verfahren auch das »Revolutionsverfahren« genannt.

In Frankreich kamen die Pulverisirtrommeln, nachdem sie nur kurze Zeit adoptirt waren, sehr mit Unrecht wieder in Mißcredit. Erst im zweiten Jahrzehnt unseres Jahrhunderts kamen sie in diesem Lande wieder zur Geltung.

Während man in Frankreich die Pulverisirtrommeln zum Kleinen der Pulverbestandtheile gegenwärtig nur noch für Jagdpulver beibehalten hat, erfreuen sich dieselben in Deutschland von Jahr zu Jahr einer größeren Verbreitung.

Die Einrichtung einer derartigen Trommel ist aus umstehenden Figuren 12 und 13 ersichtlich. Die Trommel besteht in der Regel aus Eichenholz und hat die Form eines Hohlcylinders. Sie läßt sich um ihre horizontale Achse drehen.

Die Bewegung geschieht meist durch ein Wasserrad und wird der Trommel durch Riemen mitgetheilt. Auf der Achse der Trommel sitzt eine bewegliche und eine feste Riemenscheibe. Will man die Trommel anhalten, so rückt man den Riemen von der festen auf die bewegliche Scheibe.

Die Trommel ist außerhalb von einem hölzernen Kasten (b b) umgeben. Im Innern ist sie mit Sohlleder überzogen. Außerdem hat man auch Trommeln, die an den Mantelflächen der Holzbekleidung ganz entbehren und an diesen Stellen nur aus Sohlleder bestehen.

Zuweilen auch wendet man (in Rußland) eiserne, innen mit Holz oder Leder ausgekleidete Trommeln an.

Die Innenwände der Trommel sind mit halbrunden Leisten (a) besetzt, welche mit den Seitenwänden nur äußerst flache Winkel bilden dürfen, damit sich beim Drehen die Pulvermasse nicht darin ansetzen kann.

Die zu zerkleinernde Masse wird durch die bei c c befindliche Thür mit einer gewissen Anzahl von Bronzekugeln eingetragen und die Trommel nun in Bewegung gesetzt. Die Zahl der Umdrehungen beträgt 10—30 in der Minute.

Digitized by Google

Zu große Geschwindigkeit darf man den Trommeln nicht geben. Es würde sonst die Centrifugalkraft allein zur Geltung kommen. Die Bronzekugeln sammt der zu zerkleinernden Masse würden an die Peripherie der Trommel geschleudert werden und dort unbeweglich verharren. Die Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel muß vielmehr eine derartige sein, daß die Bronzekugeln bis auf eine gewisse Höhe gehoben werden und von da über die Leisten zurückfallen.

Fig. 12.

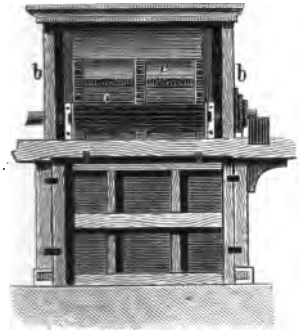
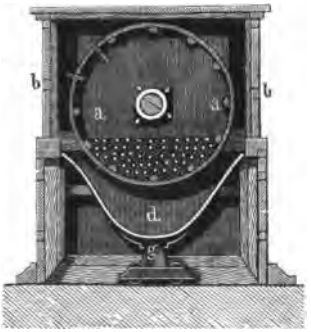


Fig. 13.



Sobald der Inhalt der Trommel den erwünschten Grad der Zerkleinerung erreicht hat, hält man die Trommel an, nimmt die hölzerne Thür ab und setzt statt derselben ein grobes Messingsieb ein. Nunmehr versetzt man die Trommel wieder in langsame Bewegung. Das zerkleinerte Pulver fällt in den mit Wachstuch ausgeschlagenen Behälter d, während die Kugeln in der Trommel zurückbleiben.

Vom Behälter d gelangt die gepulverte Masse durch einen Schlauch g in ein untergestelltes Faß.

Die Bronzekugeln müssen aus harter Bronze (75 Procent Kupfer und 25 Procent Zinn) bestehen, damit sie sich nicht allzu rasch abnützen. Trotzdem ist die Abnützung eine

Digitized by Google

ziemlich bedeutende und betrug z. B. in Spandau für 50 Kgr. gepulverte Kohle etwa 90 Gramm (entsprechend 0·18 Procent).

Was nun die Art der Zerkleinerung der drei Bestandtheile des Pulvers betrifft, so pulvert man in Deutschland stets die Kohle für sich in der Trommel. Hierauf mengt man den Schwefel mit etwas Salpeter, bringt das Gemenge in die Trommel und pulvert es ebenfalls.

Der Grund, weshalb man den Schwefel in Deutschland stets zugleich mit Salpeter in die Trommeln bringt, ist darin zu suchen, daß der Schwefel (namentlich im Sommer) geneigt ist, beim Erwärmen sich an der inneren Fläche der Trommel festzusetzen und auf diese Weise einer weiteren Einwirkung der Kugeln zu entgehen. Für sich allein in der Trommel gepulverter Schwefel verschmiert aber nicht nur die Trommel, sondern ruft auch Feuerscheinungen in derselben hervor. Es mag dies mit den sehr starken elektrischen Eigenschaften zusammenhängen, welche bekanntlich der Schwefel beim Reiben erhält.

In Spandau und Dresden giebt man auf etwa 70 Kgr. Kohlen 90 Kgr. Bronzekugeln von 1·4 Cm. Durchmesser in die Brechtrommel und läßt letztere in $1^1/_2$ Stunden 900 Umdrehungen machen. Hierauf bringt man die gepulverte Kohle aus der Trommel.

Den Schwefel zerschlägt man zuerst mit hölzernen Hämmern in kleine Stücke und bringt auf 80 Kgr. des Gemisches von Salpeter und Schwefel 100 Kgr. Bronzekugeln in die Trommel. Gewöhnlich nimmt man gleiche Theile Salpeter und Schwefel und läßt die Trommel in zwei Stunden 1200 Umdrehungen machen. Nach Ablauf dieser Zeit ist das Gemenge fein genug gepulvert.

Zur Bereitung des Jagdpulvers werden in Frankreich 18 Kgr. Kohle mit 150 Kgr. Bronzekugeln von 4 Mm. Durchmesser in der Trommel 12 Stunden bei 30 Umdrehungen in der Minute bearbeitet. Alsdann giebt man 15 Kgr. Schwefel in Stücken hinzu und bearbeitet das Gemenge

Digitized by Google

so lange in der Trommel, bis es fein genug gepulvert und gehörig mit einander vermischt ist.

Aehnliche Methoden, jedoch mit jeweiligen unwesentlichen Abänderungen, sind in Oesterreich, Rußland und den übrigen europäischen Staaten üblich.

3. Das Mengen der gekleinten Bestandtheile.

Dasselbe wird fast ausnahmslos in den Mengtrommeln vorgenommen.*) Letztere unterscheiden sich dadurch von den Pulverisirtrommeln, daß sie ganz aus Leder bestehen.

Das Mengen dauert mit 100 Kgr. Satz und 150 Kgr. Bronzekugeln etwa 3 Stunden bei 10 Umdrehungen in der Minute.

Alle Stunden arretirt man die Trommel, um sämmtliche Zapfenlager und Pfannen zu schmieren.

Wenn die Operation ihrem Ende naht, klopft man mit einem hölzernen Hammer öfters an die Trommel, damit Satz und Kugeln nicht an einer Stelle ankleben und dann plötzlich in größerer Menge herabfallen, wodurch der ungestörte, gleichmäßige Fortgang des Mengens nicht nur gestört, sondern auch die Gefahr einer Explosion vorhanden sein würde.

Jede Erwärmung der Trommel sucht man während der Operation des Mengens sorgfältig zu vermeiden.

Der fertig gemengte Satz darf auch mit bewaffnetem Auge nur das Aussehen einer völlig gleichartigen Masse bieten, er muß sich sammetartig anfühlen und eine gleichmäßig graue Farbe zeigen.

Zu Waltham-Abbey in England haben die dort angewendeten 1 Meter weiten und $1^1/_3$ Meter langen Eisenblechtrommeln eine bemerkenswerthe Einrichtung. Trommel und Achse haben jede eine selbstständige, aber umgekehrte Bewegung. An der Achse sind fünf eiserne Arme angebracht,

*) In Ostindien und zuweilen auch in England wird das Mengen auf Walzmühlen vorgenommen. Die Pulverbestandtheile erfahren in diesem Falle, bevor sie auf die Walzmühle kommen, schon eine vorläufige Mengung.

Digitized by Google

welche von einer Reihe großer Löcher durchbrochen sind und in eine Gabel mit drei Zinken endigen. Durch diese Anordnung wird eine innige Mischung herbeigeführt.

Das Mengen und Dichten in einer einzigen Operation. Zuweilen wird noch — namentlich auf den älteren Werken — Mengen und Dichten des Pulversatzes mit einander verbunden. Man kann dieses combinirte Verfahren entweder in Stampfmühlen oder auf Walzmühlen ausführen.

α) In Stampfmühlen. Gewöhnlich werden die einzelnen Bestandtheile zuvor in Trommeln zerkleinert, und zwar in Deutschland, wie schon erwähnt, die Kohle für sich und der Schwefel, mit seinem gleichen Gewicht Salpeter vermengt, ebenfalls für sich. Alsdann giebt man noch die fehlende Menge Salpeter hinzu und bearbeitet die ganze Masse in den Stampflöchern mit den Händen oberflächlich durcheinander.

Hierauf begießt man die Masse mit Wasser, läßt die Stempel auf den Satz, schließt die »Staubläden« (mit einem Loch versehene Deckel, durch welche die Stempel hindurchgehen) und setzt die Stempel anfänglich sehr langsam in Bewegung. Allmählich beschleunigt man die Bewegung, bis sich die Anzahl der Stöße auf 60 in der Minute beläuft.

Bei dieser Stampfarbeit kommt alles darauf an, daß der Pulversatz weder zu viel, noch zu wenig Wasser enthält. Denn ist die Masse zu naß und also zu dünnflüssig, so nimmt sie eine brei- oder salbenartige Beschaffenheit an. Sie verspritzt dann leicht und haftet zu viel an den Mörserseiten nnd Stempelschuhen. Umgekehrt zerstäubt ein zu trockener Brei zu leicht und läßt den Stempelschlag nicht gehörig durchdringen. Die Masse fühlt sich, wenn sie den richtigen Feuchtigkeitsgrad hat, wie feuchte Erde an. Sie muß in dieser Beschaffenheit einen Teig bilden, welcher durch den Schlag der Stempel an den Wänden des Mörsers hinaufgetrieben wird und durch die Neigung desselben sich nach und nach von selbst wieder auflöst und herunterrutscht.

Digitized by Google

Es ist übrigens auch bei ganz richtigem Feuchtigkeitsgrade der Mischung nicht zu vermeiden, daß sich auf dem Boden der Stampflöcher und an den Stempelschuhen eine feste Masse ansetzt. Da dieselbe stets von neuem der Wirkung der Stempel ausgesetzt wird, so erhärtet sie immer mehr und könnte schließlich sich durch die beständigen Stöße bis zur Entzündungstemperatur des Schießpulvers erhitzen.

Um dies zu umgehen, erfolgt das sogenannte Wechseln (Umsetzen). Hierbei füllt man, nachdem das Wasserrad gestellt und die Stempel gehoben sind, den Inhalt des ersten Stampfloches in ein nebenstehendes Gefäß, in das erste Loch den Inhalt des zweiten u. s. w. In das letzte Stampfloch kommt der Inhalt des Gefäßes. Die etwa anhaftenden Krusten werden mit einem schaufelartigen Instrumente abgekratzt.

Das Wechseln erfolgt das erste Mal nach 2000 Schlägen und später nach je 4000 Schlägen Im Ganzen wird 6—8mal gewechselt. Schließlich läßt man zur Dichtung der Masse die Stempel noch einige Zeit bei höherem Hub gehen.

Der Pulversatz wird bei dem Wechseln, falls er zu trocken geworden ist, frisch befeuchtet. Bestimmte Vorschriften lassen sich in dieser Beziehung nicht geben. Es bleibt vielmehr die so wichtige Frage, von welcher vielleicht das Wohl und Wehe einer ganzen Anzahl von Menschen abhängt, die Frage, wann ist Wasser und wieviel jedesmal zuzusetzen, ganz dem geübten Blick des Arbeiters überlassen. Je nach den Witterungs- und Temperaturverhältnissen wird man heute mehr, morgen weniger Wasser zuzusetzen haben.

β) In Walzmühlen. Dieses Verfahren ist im Wesentlichen ganz dasselbe, wie solches bei dem »Kleinen, Mengen und Dichten in einer Operation« angegeben wurde. Es sei nur erwähnt, daß man zweckmäßig, wie es in Holland geschieht, die zuvor gekleinten Bestandtheile statt direct auf die Mühle zu bringen, einer vorläufigen Mengung in großen Tonnen unterzieht.

Digitized by Google

4. Das Dichten oder Pressen des Pulversatzes.

Durch diese Operation soll die Wirksamkeit des Pulvers erhöht werden. Indem dieselbe Menge Pulver auf einen engeren Raum zusammengepreßt wird, wird die Gasmenge, die sich aus der Raumeinheit Pulver beim Entzünden entbindet, beträchtlich vermehrt und in demselben Verhältniß wächst auch die Spannkraft des Pulvers.

Indessen hat das soeben Gesagte nicht unbeschränkte Geltung, sondern auch seine Grenzen. Wird nämlich das Pulver sehr stark zusammengepreßt, so pflanzt sich die Verbrennung in dem dichten festen Pulver nur langsam fort, die Verbrennungswärme sinkt und damit auch die Ausdehnung der Gase und demgemäß die Spannkraft des Pulvers. Ist umgekehrt das Pulver zu schwach gepreßt, so zersetzt es sich in seiner ganzen Masse plötzlich und wirkt explodirend.

Je nach der Verwendung des Pulvers giebt man ihm eine verschiedene Dichtigkeit. Bei dem Jagdpulver ist die Dichtung am stärksten, bei dem groben Kanonenpulver dagegen darf sie nicht größer sein, als nothwendig ist, um das Pulver vor dem Zerfallen beim Transporte zu schützen.

Nur das Pulver, dessen Mischung in Stampfmühlen bearbeitet wurde, braucht nicht mehr gedichtet zu werden. Dieser Vortheil des Stampfmühlenpulvers ist aber nur ein scheinbarer, da die mit seiner Bereitung verbundenen Nachtheile zu groß sind. Abgesehen von der beständigen Explosionsgefahr, welche mit der Bereitung des Stampfmühlenpulvers in weit höherem Grade als mit der des Walzmühlen- oder Tonnenpulvers*) verbunden ist, ertheilt es der Kugel eine geringere Anfangsgeschwindigkeit, verbreitet einen dickeren und stärkeren Rauch und ist sehr zerreiblich, so daß es beim Transporte (im Munitionskasten u. s. w.) Staub erzeugt.

*) Tonnenpulver nennt man in Trommeln hergestelltes Pulver.

Digitized by Google

Das Walzmühlenpulver kann zwar, wie wir gesehen haben, auf der Walzmühle gleichzeitig mit dem Mengen oder mit dem Kleinen und Mengen auch gedichtet werden, jedoch wohl nur auf Kosten seiner guten Eigenschaften.

Es werden demnach alle diejenigen Pulver, deren Kleinen und Mengen in Trommeln oder unter Walzmühlen geschieht, in der Regel auch gedichtet werden. Das in Trommeln zerkleinerte und gemengte Pulver muß aber, wie gesagt, stets gedichtet werden.

a) Das Dichten unter Mühlsteinen. Auf einem Lager von Ulmenholz laufen die etwa 2500 Kgr. wiegenden Mühlsteine. Dieselben sind von Bronze, haben 1·5 Meter im Durchmesser und 5 Dcm. Dicke.

Bei Anwendung von Mühlsteinen geschieht das Anfeuchten des Pulversatzes direct auf dem Lager.

Zuerst ist die Umdrehungsgeschwindigkeit der Läufer eine langsame, wird allmählich schneller und gegen das Ende wieder sehr langsam. Die am Ende stattfindende langsame Umdrehung der Läufer (vier Umdrehungen in der Minute um die Achse), trägt namentlich zum Verdichten des Pulversatzes bei. Durch dieses Dichten wird die auf dem Lagerstein ausgebreitete Pulverschicht beinahe auf den dritten Theil ihrer ursprünglichen Dicke comprimirt.

Das französische Jagdpulver wird unter Mühlsteinen verdichtet.

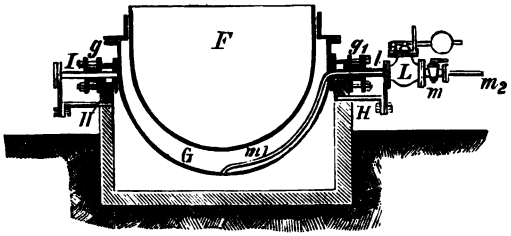
Es sei hier des Interesses halber einer Methode gedacht, welche bereits vor über zweihundert Jahren bei den Kirghisen und anderen asiatischen Volksstämmen in Gebrauch war und welche gegen Ende des vergangenen Jahrhunderts in Europa eingeführt wurde.

Diese Methode besteht darin, daß man den Salpeter in Wasser auflöst, dazu den gekleinten und mit dem Kohlenpulver gemengten Schwefel giebt und die Masse so lange erhitzt, bis sie noch 15 Procent Wasser hält; nach dem Erkalten, wobei sie noch weitere 10 Procent Wasser verliert, wird sie zur Verdichtung unter Walzmühlen, oder auch in Stampfmörser, gebracht und danach gekörnt.

Digitized by Google

Man soll nach diesem Verfahren, welches einige Zeit in Europa hin und wieder angewendet wurde, viel Zeit sparen, vor Explosionen sicher sein und besonders ein in feuchten Räumen sich besser haltendes Pulver erzielen. Aus diesen Gründen hat man neuerdings diese Methode wieder empfohlen. Jedoch wohl mit Unrecht. Denn, wie die Versuche des preußischen Hauptmannes Dr. Meyer beweisen, ist das auf diese Weise bereitete Pulver zwar luftbeständiger, da die Poren der Kohle besser verschlossen werden, dagegen ist es weniger dicht als das gewöhnliche Pulver. Ersparniß an Zeit ist dabei nicht erreicht, da der Sal-

Fig. 14.



peter heutzutage als feines Salpetermehl verarbeitet wird und die etwa gewonnene Zeit durch das Eintragen von Schwefel und Kohle und das langwierige Abdampfen und Erkaltenlassen wieder verloren geht.

Aehnlich diesem Verfahren, jedoch weit zweckmäßiger und rationeller ist der von O. Guttmann angegebene Vorgang (Patent von J. Pichler und A. Fels). In einer theilweisen mit Kugeln gefüllten sich drehenden Trommel werden die Bestandtheile unter Zuleitung von Wasser oder Dampf, welche durch eine Brause in das Innere der Trommel durch den einen Zapfen derselben geleitet werden, gemischt. Die breiartige Masse wird dann in den Duplicator (Fig. 14) übertragen, und in demselben in einen teigartigen Zustand übergeführt, um schließlich in einer

Digitized by Google

Trockenpfanne vollständig getrocknet zu werden. Dieser Duplicator besteht aus einem von einem Dampfmantel G umgebenen Kessel, welcher um die Hohlzapfen g und g_1 in den Lagern H drehbar ist. Durch den Hohlzapfen g führt das Dampfeinströmungsrohr I in den Raum zwischen beiden Kesselwandungen, während durch den Zapfen g_1 ein Rohr l geht, welches mit dem Sicherheitsventil L verbunden ist, und ein kleines Condensationswasserröhrchen m_1 vom Wechsel oder Ventil m aus bis zum tiefsten Punkte des Dampfmantels g reicht, und die Ableitung des Condenswassers durch das Röhrchen m_2 besorgt.

b) Das Dichten unter Pressen. Während bei dem Dichten unter Mühlsteinen der Pulversatz direct auf dem Lagerstein angefeuchtet wird, ist dagegen bei dem Dichten unter Pressen ein vorhergehendes Befeuchten nothwendig.

Früher begoß man den Pulversatz einfach mit einer Gießkanne, deren Brause sehr feine Löcher hatte. Gegenwärtig wendet man ziemlich allgemein folgendes Verfahren an. Der Pulversatz wird auf einem Tische ausgebreitet, der an der äußeren Kante mit aufrecht stehenden Leisten versehen ist. In der Tischplatte befindet sich ein Loch, durch welches der angefeuchtete Satz durchfallen kann. Ueber dem Tische ist ein Glascylinder mit Wasser aufgestellt. Der Cylinder ist mit Theilstrichen versehen; der Zwischenraum zwischen zwei Theilstrichen entspricht $^1/_2$ Kgr. Wasser. Vom Cylinder führt ein kupfernes Rohr herab auf den Tisch und endigt wenig oberhalb des letzteren in eine feine Brause, aus welcher das Wasser nach Oeffnen eines kupfernen Hahnes ausfließt.

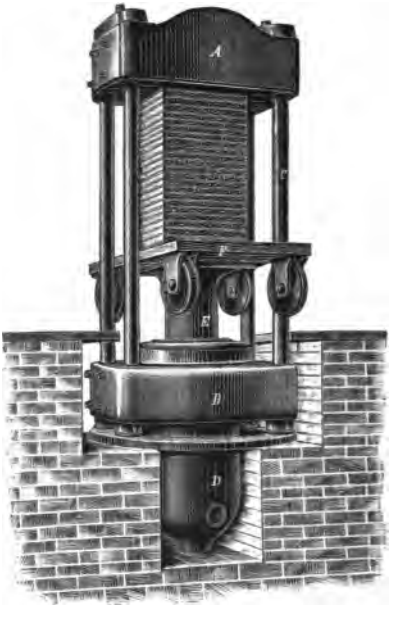
Man befeuchtet den Pulversatz allmählich mit 10 Procent Wasser und rührt ihn beständig mit rechteckigen, hölzernen Brettern, die ein halb ovales Loch zum Durchführen der Finger haben, durch. Nachdem durch dieses beständige Durchrühren die Feuchtigkeit sich ganz gleichmäßig über die ganze Pulvermasse vertheilt hat, wird letztere durch das

Digitized by Google

Loch in der Tischplatte in untergestellte Kübel abgelassen und sofort gepreßt.

Das Dichten unter Pressen kann entweder durch Schrauben- oder hydraulische Pressen oder durch Walzen-

Fig. 15.



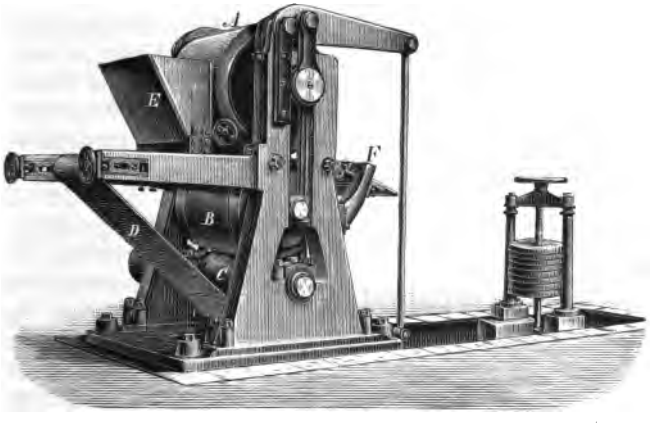
pressen geschehen. Erstere Art des Dichtens (mit Schrauben-, respective hydraulischen Pressen) ist gegenwärtig ziemlich durch das Pressen unter Walzen verdrängt.

Die hydraulischen Pressen (Fig. 15) bestehen aus dem oberen und unteren Widerlager A und B, den Säulen C und dem Cylinder D mit dem Kolben E und dem Kolbenaufsatze. Letzterer ist dazu bestimmt, einen mit der zur pressenden Masse beladenen Wagen F, der auf einem Ge-

Digitized by Google

leise in die Presse eingeschoben wird, aufzunehmen. Das zu pressende Pulver wird, nachdem es mit circa 8 bis 10 Procent Wasser angefeuchtet wurde, auf Kupfer- oder Bronzeplatten ausgebreitet, so daß 9 Cm. hohe Lagen entstehen, welche in größerer Zahl übereinander aufgethürmt werden. Die Packhöhe dieser Pressen beträgt 110 Cm., das Gruson-werk baut dieselben in drei Größen, und zwar für 250.000, 400.000 und 1,000.000 Kgr. Totaldruck. Zum Betriebe

Fig. 16.



dienen Pumpwerke oder Dampfaccumulatoren, welche in größerer Entfernung von der Presse aufgestellt werden. Im Preßraume selbst befindet sich ein Ventil, mittelst welchem die Presse in Gang gesetzt und abgelassen werden kann. Die Pressung ist beendigt, sobald die Pulverladung auf ein Drittel ihrer ursprünglichen Höhe comprimirt ist.

Das Dichten unter Walzwerken wird in den deutschen und französischen Pulverfabriken angewendet.

Die Walzenpressen (Fig. 16) bestehen aus drei übereinander liegenden Walzen A, B, C, von denen die untere fest gelagert ist, während die mittlere und die obere

Digitized by Google

dadurch beweglich sind, daß ihre Lager in den Ständer der Maschine gleiten. Die Pulvermasse wird durch ein endloses Tuch D, welches unter einem mit derselben angefüllten und nach unten offenen Kasten E hinweggeht, den Walzen zugeführt. Wenn diese passirt sind, bricht der Pulverkuchen, nachdem dessen minder dicke Ränder mittelst des verstellbaren Messers F beschnitten sind, in einer Stärke von 1 bis 2 Cm. durch die eigene Schwere ab. Der Druck, mit welchen die obere Walze gegen die mittlere, und diese gegen die untere gepreßt wird, beträgt je nach der Größe der Maschine 30.000 und 50.000 Kgr. und wird durch ein Gewicht hervorgebracht, welches durch doppelte Hebelübertragung wirkt. Die obere Walze ist aus Hart- oder Rothguß verfertigt, die mittlere mit einem Papierüberzuge versehen. In kleineren Pulverfabriken finden auch noch Schraubenpressen Anwendung.

Beim Mischen und Verdichten des angefeuchteten Pulversatzes durch derartige Walzwerke traten in Spandau kurz nacheinander Entzündungen ein. Als nach der Ursache geforscht wurde, machte man die Wahrnehmung, daß das mit dem feuchten Pulversatze in Berührung kommende Zinnbleiloth, der an den Walzen angebrachten bronzenen Abstreicher sehr stark angegriffen, zum Theile sogar verschwunden war, und daß die in den theilweisen entleerten Fugen vorhandene Masse beim Herausschaben mittelst eines Meißels sich unter lebhaftem Funkensprühen entzündete. Es kann somit eine für die Pulverfabriken verhängnißvolle Masse aus den Pulvergemischen und den Lothmetallen entstehen. Diese Erscheinung ist dadurch erklärt, daß das Zinn basische Nitrate bildet, welche unter Funkensprühen abbrennen, und durch Schlag detoniren. Die Anbringung der Abstreicher hat daher durch Schrauben oder Nieten zu erfolgen. Bronzen, welche nur etwa 5 bis 10 Procent Zinn enthalten, wie sie zur Anfertigung von Walzen dienen, sind ihres geringen Zinngehaltes wegen nicht gefährlich, da hier nur wenig Nitrat entsteht, und sich dieses überdies auf eine große Fläche vertheilt, und sich nicht, wie in den Löthfugen, anhäuft.

Digitized by Google

5. Das Körnen.

Würde man die gepreßte Pulvermasse ohneweiters nach dem Trocknen benützen, so würde sich bei der Entzündung die Verbrennung in diesem dichten, zusammenhängenden Pulverkuchen nur sehr langsam fortpflanzen. Deshalb wird die stark gepreßte Masse in kleine Körner getheilt (gekörnt), durch deren offene Zwischenräume die Entzündung einzelner Körnchen rasch von der entstandenen Flamme auf die ganze Masse übertragen werden kann.

Anfangs wendete man das Schießpulver in Mehlform an. Die Türken besaßen selbst zur Zeit des dreißigjährigen Krieges noch keine Kenntniß vom gekörnten Pulver. Im übrigen Europa lernte man um die Mitte des 15. Jahrhunderts das Büchsenpulver körnen, später auch das Geschützpulver.

Je feinkörniger das Pulver, desto rascher entzündet es sich, desto kräftigere Wirkung ist ihm eigen. Je grobkörniger das Pulver, desto schwächer und langsamer erfolgt die Explosion. Das Jagdpulver hat das feinste Korn, das Gewehrpulver ein mittleres und das Geschützpulver das gröbste Korn.

Das feinkörnige Jagdpulver für Geschütze angewendet, würde sehr leicht in Folge der raschen Explosion ein Sprengen des Geschützrohres zur Folge haben. Man darf nicht vergessen, daß die Geschütze aus viel spröderem Material bestehen als der Lauf eines Jagdgewehres.

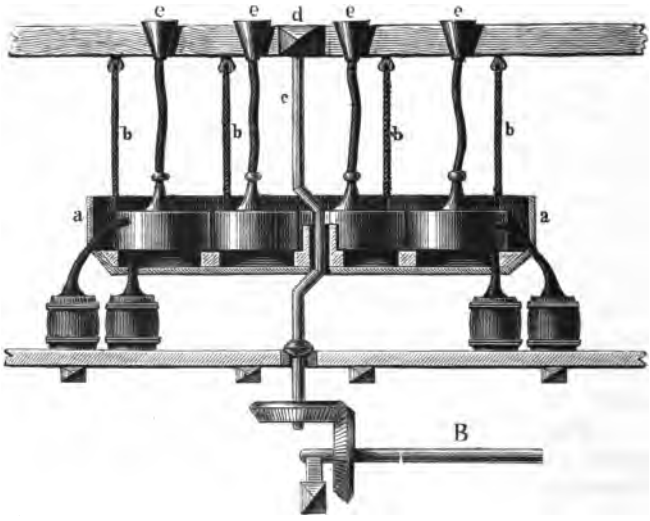
Eckig gekörntes Pulver ist rund gekörntem vorzuziehen, weil ersteres sich leichter entzündet und das Feuer rascher fortpflanzt, sowie auch in einer Patrone sich dichter zusammensetzt.

Das gekörnte Pulver hat vor dem ungekörnten Pulver außer der schon genannten rascheren Verbrennung noch weitere Vortheile. Zunächst wird durch das Körnen des Pulversatzes seine Entmischung verhindert, weil sich seine Bestandtheile nicht gemäß ihrer Dichtigkeit ablagern können wie im staubförmigen Schießpulver.

Digitized by Google

Ferner zieht gekörntes Schießpulver weit weniger Feuchtigkeit aus der Luft an als ungekörntes. Das Durchstäuben des abschmutzenden und unbequem zu handhabenden Staubpulvers durch Säcke und Fässer wird durch das Körnen verhütet.

Fig. 17.



Die schwächste Wirkung äußert das Staubpulver, welches deshalb auch nur in der Feuerwerkerei Anwendung findet. Je gröber das Korn, desto mehr Feuchtigkeit zieht das Pulver an. Bei angestellten Versuchen zeigte es sich, daß bei fünftägigem Stehen im Keller Jagdpulver (feinste Körnung) 1·0, etwas gröber gekörntes Gewehrpulver 1·3 und Kanonenpulver 4·8 Procent Feuchtigkeit aufnahm.

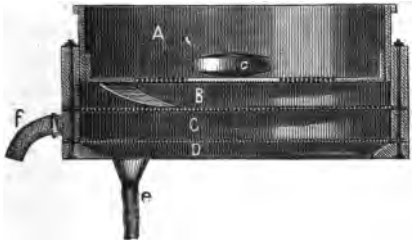
Was nun das Körnen selbst betrifft, so kann dasselbe a) durch Siebe, b) durch Walzen (Congreve'sche Methode) und c) nach dem Verfahren von Champy geschehen.

Digitized by Google

a) Das Körnen durch Siebe. Man wendet hierzu in den neueren größeren Pulvermühlen fast ausnahmslos die Lefebvre'sche Körnmaschine an.

Dieselbe hat folgende Einrichtung: In einem achteckigen, oben offenen Kasten a (Fig. 17) sind nebeneinander 8 bis 12 Siebe befestigt. Die senkrecht stehende, schmiedeeiserne Kurbel c geht durch die Mitte dieses Kastens. Oben findet die Kurbel in dem horizontalen Balken d einen Stützpunkt.

Fig. 18.



Die Kurbel wird in Bewegung gesetzt durch die unten angebrachten Zahnräder, die ihrerseits ihre Bewegung von der mittelst eines Wasserrades getriebenen Welle B erhalten.

Der Kasten ist mit Seilen oder kupfernen Stangen (b b) an dem horizontal liegenden Balken derart aufgehängt, daß die in Bewegung gesetzte Kurbel mittelst des Krummzapfens demselben und folglich dem ganzen Siebsysteme eine kreisende, jedoch nicht drehende Bewegung mittheilt.

Wir haben uns nun die innere Einrichtung der Siebe etwas näher anzusehen.

Jedes der acht oder zwölf in dem Kasten befindlichen »Siebsysteme« ist aus drei Sieben zusammengesetzt: 1. aus dem Schrotsiebe A (Fig. 18), in welchem sich ein »Läufer« (c), d. h. ein linsenförmiges Stück harten Holzes (Eichen-, Vogelbeer- oder Guajacholz) befindet. Durch die rotirende

Digitized by Google

Bewegung des Siebsystems dreht sich der Läufer stets um sich selbst, indem er dabei an der Peripherie des Siebes entlang sich bewegt. Die an die Peripherie geschleuderten Pulverstücke werden von ihm zerkleinert und durch die Löcher des Siebes gedrückt.

Um die Anhäufung einer großen Menge staubförmigen Pulvers zu vermeiden, kann das Schrotsieb nicht mit so feinen Löchern versehen werden, daß das im zweitunterſten Siebe anlangende Pulver eine brauchbare Körnerform besitzt. Deshalb bringt man eine besondere Vorrichtung an, die es ermöglicht, eine nochmalige Zerkleinerung der im zweiten Siebe bleibenden Pulvermasse zu bewirken.

Zu diesem Zwecke ist der (aus gelochtem Kupfer- oder Messingblech bestehende) Boden des Schrotsiebes mit zwei großen Oeffnungen versehen, in welchen schräg und dem Sinne der Bewegung entgegengesetzt liegende rinnenförmige Kupferbleche bis nahe an den Boden des zweiten Siebes herabreichen. Die im zweiten Siebe sich befindenden gröberen Pulverkörner werden in Folge der Centrifugalkraft gegen die Rinne geschleudert, schieben sich in dieser von selbst hinauf und gelangen so wieder in das obere Sieb, wo sie durch die Läufer von Neuem zerkleinert werden.

Das Schrotsieb ist während der Arbeit mit einem hölzernen Deckel verschlossen.

Das zweite Sieb oder Körnsieb (B) besteht aus Messingdraht, bei welchem 20 Maschen auf das Quadratcentimeter kommen. Die durch das Körnsieb durchgesiebte Pulvermasse gelangt auf das Staubsieb (C). Von hier aus wird der Staub nach D und von da durch den Schlauch e in das untergestellte, für Pulverstaub bestimmte Faß befördert. Das gekörnte Pulver aber, welches durch die engen Maschen von C nicht mehr hindurchkommt, wird in Folge der kreisenden Bewegung an die Peripherie des Staubsiebes geworfen und durch den Schlauch F ebenfalls in ein besonderes Faß befördert.

Es bleibt noch zu erwähnen, in welcher Weise die Siebsysteme mit Pulver gefüllt werden. Der zuvor mit

Digitized by Google

hölzernen Hämmern zerschlagene gepreßte Pulverkuchen wird (in Mengen von $2^1/_2$ Kgr.) in die kupfernen Trichter e (Fig. 17) eingeschüttet. Daran angeschnallte Tuchschläuche, deren Ende mit einer kupfernen Tülle versehen ist, welche mit einer solchen am Siebdeckel leicht verbunden werden kann, befördern das Pulver in die Siebsysteme.

Alle zwei bis drei Minuten schüttet man Pulverkuchen in jeden Trichter ein. Die Maschine bleibt so lange im Gange, bis sich durch die staubige Beschaffenheit des Pulvers die Drahtsiebe verstopft haben, was nach der Körnung von etwa 500 Pulverkuchen der Fall ist.

Es werden alsdann die Siebe herausgenommen und gereinigt, zuvor aber sofort neue Siebe eingesetzt.

Der in dem besonderen Fasse sich ansammelnde Pulverstaub wird wieder mit Wasser befeuchtet und kommt aufs Neue unter die Preßwalzen.

b) Das Körnen durch Walzen. (Congreve'sche Methode.) Die Congreve'sche Körnmaschine (seit 1819 in England eingeführt) besteht aus drei Paar Messingwalzen, welche mit vierseitigen Pyramiden (»Diamantspitzen«) versehen sind. Durch ein Tuch ohne Ende gelangt der Pulverkuchen zum obersten Walzenpaare. Der Boden des viereckigen Kastens, in welchem sich der Pulverkuchen befindet, kann nach Art des Kolbens in einem Pumpenstiefel sich senken und heben. Indem der Boden nur langsam aufwärts steigt, läßt er aus einer seitlichen Oeffnung die Pulvermasse gleichmäßig auf das Tuch ohne Ende fallen.

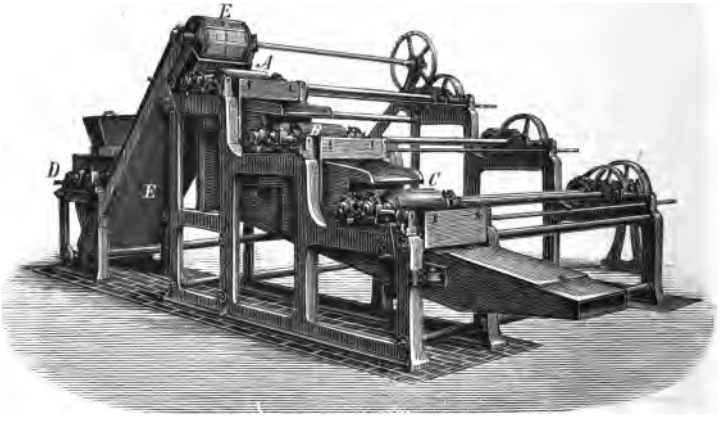
Indem das Pulver zwischen den Walzen hindurchgeht, wird es gekörnt und fällt dann auf zwei Systeme von Sieben aus Drahtgeflechte, die durch die Maschine, welche sie fortbewegt, zugleich eine rüttelnde Bewegung erhalten. Unter den Walzenpaaren liegt ein geneigtes Sieb, dessen Maschen so eng sind, daß sie das Kanonenpulver nicht, wohl aber das Gewehrpulver und den Staub durchlassen. Unter ihm befindet sich ein zweites Sieb, welches den Staub, nicht aber das Gewehrpulver hindurchfallen läßt. Unter dem

Digitized by Google

zweiten Sieb endlich befindet sich der zur Ansammlung des Staubes bestimmte Apparat.

Eine Congreve'sche Walzenkörnmaschine ist in Fig. 19 abgebildet. Mit A, B, C sind die drei in schräger Richtung übereinander liegenden Walzenpaare bezeichnet, welche gegeneinander laufen, und mit Zähnen besetzt sind. Die Pulvermasse wird, nachdem sie durch das Vorbrechwalzenpaar D gegangen ist, durch den Elevator E mittelst

Fig. 19.



eines mit Aufnahmehölzern versehenen Tuches ohne Ende auf das oberste Körnwalzenpaar gehoben. Unter diesen, wie auch unter den beiden anderen sind die Siebe angebracht, Sämmtliche Siebe sind zu einem Kasten vereinigt, der am Gestell aufgehangen ist, und durch eine Kurbelwelle bewegt wird. Die Walzen bestehen aus Bronze, und sind mittelst einer Schnecke und eines Schneckenrades parallel zu ihren Achsen verstellbar. Der gesammte Antriebsmechanismus kann zur Sicherung gegen Explosionen außerhalb der Arbeitsräume, in welchen sich die Körnmaschine befindet, verlegt werden.

Digitized by Google

Die Congreve'sche Körnmaschine erzeugt zwar nicht viel Staub, da durch ihre Wirkung der Pulverkuchen nur zerbröckelt, nicht aber zermalmt wird, dagegen ist sie etwas zu complicirt. Auch wird viel Pulver verzettelt, wodurch leicht Explosionen herbeigeführt werden können.

c) Die Champy'sche Körnmethode. Dieselbe stammt aus der Zeit der französischen Revolutionskriege und verdankt ihre Entstehung ebenso wie die beim Zerkleinern der Pulverbestandtheile angewendete Pulverisirtrommel dem durch den ehemaligen colossalen Pulververbrauch fühlbar werdenden Bedürfniß, die einzelnen Operationen der Pulverfabrikation möglichst zu beschleunigen.

Der Champy'sche Körnapparat besteht aus einer hölzernen Trommel, durch deren hohle Achse ein mit feinen Löchern versehenes Kupferrohr mitten in die Trommel mündet.

Indem die Trommel sich rasch dreht, ergießt sich ein feiner Staubregen in den Pulversatz. Jedes Wassertröpfchen bildet den Mittelpunkt eines allmählich entstehenden Pulverkornes. Indem letzteres beständig in dem feuchten Pulver herum sich bewegt, vergrößert es sich einem Schneeball ähnlich durch Ansetzen von immer neuen concentrischen Schichten.

Haben die Körner die nöthige Größe erreicht, so arretirt man die Trommel. Die erhaltenen Pulverkörner werden nunmehr sortirt.

Diese Methode findet jetzt fast nur mehr zur Darstellung von grobkörnigem Sprengpulver Anwendung. Abgesehen davon, daß rundgekörntes Pulver das Feuer weniger rasch fortpflanzt als eckiggekörntes, haben auch die nach dem Champy'schen Verfahren erhaltenen Pulverkörner nie eine genügende Dichtigkeit; auch lassen sie sich nicht völlig trocknen, ohne daß ihre Haltbarkeit darunter leidet.

6. Das vorläufige Lufttrocknen.

Das gekörnte Pulver kann man nicht ohneweiters in die Polirtrommel bringen. Denn es besitzt noch zu viel

Digitized by Google

Feuchtigkeit und würde deshalb bald die Trommel verschmieren. Es muß also zuerst von einem größeren Theil seines Wassergehaltes befreit werden. Künstliche Wärme darf man jedoch hierzu nicht anwenden, das Pulverkorn würde in diesem Falle zu rasch an seiner Oberfläche austrocknen und das Innere des Kornes bliebe auch bei durch längere Zeit fortgesetztem Trocknen immer noch feucht. Außerdem aber würde durch das künstliche Trocknen die Festigkeit des Pulverkornes in hohem Grade beeinträchtigt.

Demnach kommt es darauf an, bei dem vorläufigen Trocknen des Pulvers demselben ganz allmählich das Wasser zu entziehen, mit anderen Worten, das vorläufige Trocknen darf nur ein Trocknen an der Luft sein.

Das Trocknen an der Luft kann man entweder in geschlossenen, aber luftigen Räumen, oder im Freien vornehmen.

Die erstere Art des Trocknens erfolgt in den »Vortrockenhäusern«. Es sind dies langgestreckte, hölzerne Gebäude, die auf beiden Seiten eine große Zahl von Klappenfenstern haben, welche nach außen sich öffnen lassen.

Auf hölzerne Hürden breitet man wollene Decken und auf letztere das Pulver. Von Zeit zu Zeit wendet man das Pulver um oder wechselt allzu feucht gewordene Decken gegen trockene aus. Das Pulver bleibt so lange auf den Hürden, bis es nur noch 3 Procent Feuchtigkeit enthält.

Zum Trocknen des Pulvers im Freien wählt man einen staubfreien, nach Süden gelegenen Ort.

Auf wollene oder leinene Tücher, die auf etwas nach Süden geneigten Tischen liegen, wird das Pulver Morgens bei schönem Wetter in dünnen Lagen von 5—10 Mm. Dicke ausgebreitet. Von Zeit zu Zeit wendet man das Pulver mit hölzernen Krücken um. Nach Ablauf von einigen Stunden ergreifen zwei Arbeiter je ein Ende eines Tuches und heben dasselbe so weit in die Höhe, daß das Pulver sich ganz in der Mitte des Tuches anhäuft. Alsdann beschwert man die Tuchenden wieder wie vorher mit Back-

Digitized by Google

steinen und breitet die ganze Pulvermasse aufs Neue gleichmäßig über das Tuch.

Das Pulver verbleibt auch in diesem Falle so lange auf den Tüchern, bis es nur noch 3 Procent Feuchtigkeit enthält.

7. Das vorläufige Sortiren und Ausstäuben.

Durch das vorläufige Trocknen bildet sich immer zugleich etwas Pulverstaub. Diesen Staub hat man zu entfernen, bevor man das Pulver in die Polirtrommel bringt.

Zugleich mit diesem Ausstäuben nimmt man auch ein vorläufiges Sortiren vor in Geschütz- und Gewehrpulver. Der Apparat, in welchem diese beiden Operationen zugleich vorgenommen werden, beruht ganz auf dem uns bekannten Princip der Körnmaschine von Lefebvre.

8. Das Abrunden (Poliren) des Pulvers.

Der meist gebräuchliche Name für diese Operation (»Poliren«) ist nicht zutreffend. Das Pulver soll nicht sowohl durch dieses Verfahren seine Politur erhalten (die ihm erst in den Staubsäcken ertheilt wird), als vielmehr abgerundet werden. Indem durch diese Operation die vielen scharfen Kanten und Ecken, die das gekörnte Pulver besitzt, abgestumpft und die durch das Lufttrocknen entstandenen äußeren Poren der Körner verdichtet werden, verliert das Pulver in beträchtlichem Grade seine Neigung zur Staubbildung, sowie die Fähigkeit, Feuchtigkeit aus der Luft anzuziehen.

Wenn auch abgerundetes Pulver haltbarer ist als nicht abgerundetes, so ist doch letzteres entzündlicher und deshalb wirksamer. Nach angestellten Versuchen verhält sich die Wurfweite des nicht abgerundeten Pulvers zum abgerundeten wie 98 : 75.

Digitized by Google

Deshalb wird auch in einigen Ländern (Frankreich, Rußland) das Kanonenpulver gar nicht polirt. Ebenso wurde das nach dem Champy'schen Verfahren gekörnte Pulver nicht polirt, da die Körner bereits hinlänglich abgerundet sind. Das Jagdpulver wird stets abgerundet, meist auch das Militärpulver, dagegen nicht das Sprengpulver.

Man würde die Operation des Abrundens sicherlich überhaupt gar nicht vornehmen, wenn nicht die hiermit erzielten Vortheile die Nachtheile ganz entschieden überwiegen würden.

Manchmal (z. B. in Holland) setzt man während des Polirens Graphit zu. Das Pulver erhält hierdurch zwar einen sehr großen Glanz, jedoch auf Kosten seiner Leichtentzündlichkeit. Weniger nachtheilig in Bezug auf die Entzündlichkeit des Pulvers wirkt der durch vorherige chemische Reinigung eigenthümlich präparirte feinblättrige Graphit.

Das Abrunden (Poliren) nimmt man in der Regel in Abrundetrommeln vor, welche einen Durchmesser von ungefähr 1·8 Meter und eine Tiefe von etwa 0·6 Meter besitzen. Sie unterscheiden sich dadurch von den Mengetrommeln, daß sie auf der Mantelfläche keine Leisten besitzen und die eiserne Achse nicht durch die Trommel gelegt ist, sondern in vier starke eiserne Arme endigt, welche an der hinteren kreisförmigen Seitenwand durch mehrere starke Bolzen mit derselben verbunden sind.

Die beiden kreisförmigen Seitenwände, deren vordere in der Mitte gerade über der Achse eine runde, mit einem Metallring eingefaßte Oeffnung zum Eintragen des Pulvers und zum Entweichen der während des Abrundens auftretenden Wasserdämpfe besitzt, sind durch metallene Bolzen mit Schraubenmuttern, welche außerhalb über die ganze Mantelfläche von der einen Seite bis zu der anderen gehen, fest verbunden und sämmtliches Eisenwerk ist mit hölzernen Futtern versehen.

Eine schwere metallene Thür, welche über die ganze Breite der Mantelfläche geht, dient zum Herauslassen des

Digitized by Google

Pulvers, welches, wie bei den Mengtrommeln, durch einen Lederschlauch in untergestellte Tonnen fällt.

Da das Pulver in der Trommel sich aneinander reibt, entsteht eine beträchtliche Erwärmung der Masse, welche bis auf 60 Grad C. steigt. Um allzu große Temperatur-Erhöhung zu verhüten, vermindert man gegen das Ende der Operation die Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel.

In der ersten halben Stunde giebt man der Trommel neun Umdrehungen in der Minute, die man in der zweiten halben Stunde auf zwölf und schließlich auf sechzehn erhöht. Man läßt die Trommel etwa vier Stunden laufen und sie in dieser Zeit ungefähr 3600 Umdrehungen machen. Würde man die Geschwindigkeit der Umdrehungen zu rasch steigern, so würde die im Pulver sitzende Feuchtigkeit zu schnell als Wasserdampf entweichen, was für die Dichtigkeit des Pulvers von Nachtheil wäre. Gleichzeitig aber auch würde sich das Pulver zu stark erwärmen und in Folge dessen dasselbe Klumpen bilden. Diese Klumpenbildung läßt sich ohnehin nicht ganz vermeiden, vielmehr backt regelmäßig ein Theil des Pulvers am Boden der Trommel zusammen. Diese zusammengebackene Masse schadet jedoch nicht, im Gegentheil, sie soll zur Schönheit des Pulvers beitragen. Man entfernt diese Kruste jeden Abend, nachdem drei Operationen in der Trommel vollendet wurden.

Je feiner die Pulversorte ist, desto schneller läßt man die Abrundetrommel sich bewegen.

Man kann das Pulver auch statt in Trommeln in Rollfässern oder in Säcken abrunden.

Die Rollfässer sind in Frankreich noch zuweilen üblich. Es sind dies längliche Tonnen, welche mit Hilfe einer durch die Achse gehenden Welle umgedreht werden können. Die Reibung der Pulverkörner wird hierbei noch dadurch vermehrt, daß in dem Fasse in der Richtung der Achse viereckige Stäbe angebracht sind. Es bildet sich bei diesem Verfahren sehr viel Staub.

Die Säcke, welche man in der Schweiz noch in Gebrauch findet, füllt man je nach ihrer Größe mit 1·5 bis

Digitized by Google

7·5 Kgr. gekörnten Pulvers und bindet sie (jedoch ohne die Masse zusammenzudrücken) zu. Hierauf werden die Säcke, indem man beide Hände kräftig darauf stützt, auf einer strahlenförmig gerippten Tafel umhergerollt.

Während des Abrundens bleibt das specifische Gewicht des Pulvers unverändert, dagegen nimmt das cubische Gewicht*) stetig zu, wie folgende Tabelle erkennen läßt:

Cubisches Gewicht	vor dem	Abrunden	.	.	.	0·810
»	» nach	4	Stunden	Abrundezeit	.	0·833
»	» »	8	»	»	.	0·846
»	» »	20	»	»	.	0·869
»	» »	25	»	»	.	0·878
»	» »	30	»	»	.	0·889
»	» »	42	»	»	.	0·893

9. Das Trocknen des Pulvers.

Das Pulver verläßt die Abrundetrommel mit etwa $1^1/_2$ Procent Feuchtigkeit. Dieser Rest von Feuchtigkeit muß ihm nunmehr völlig genommen werden.

Dies kann entweder durch natürliches oder künstliches Trocknen geschehen.

Das natürliche Trocknen ist, weil es langsamer vor sich geht, dem künstlichen vorzuziehen. Denn letzteres birgt die Gefahr in sich, daß das Pulver durch allzu rasches Trocknen in seiner Festigkeit und Dichte geschädigt und für Anziehung von Feuchtigkeit empfänglich wird. Bei zu raschem künstlichen Trocknen überzieht sich das einzelne Pulverkorn auf seiner Oberfläche mit einer völlig ausgetrockneten, harten Kruste. Im Innern des Pulverkornes aber befindet sich noch Wasser, welches allmählich in Dampf sich verwandelt und die äußere Hülle des Kornes gewaltsam sprengt. Ja sogar bei einer zu raschen Verdampfung kann das aus dem Innern

*) Ueber das specifische und cubische Gewicht des Pulvers siehe unter: »Die physikalischen Eigenschaften des Pulvers«.

Digitized by Google

des Pulverkornes entweichende Wasser Salpeter auflösen und an der äußeren Oberfläche des Kornes wieder absetzen. Hierdurch wird ein Zusammenballen der Pulverkörner veranlaßt.

Das Trocknen hat umso langsamer zu geschehen, je größer das Korn ist.

Das natürliche Trocknen erfolgt gerade so, wie wir dasselbe bei dem vorläufigen Lufttrocknen bereits beschrieben haben. Nur setzt man nunmehr das Trocknen so lange fort, bis das Pulver absolut wasserfrei ist.

Trocknet man direct an der Sonne, so ist die ganze Operation nach etwa vier Stunden beendet. Von Zeit zu Zeit taucht man ein Thermometer in das Pulver, um sich zu überzeugen, daß die Temperatur des letzteren nicht über 60—70 Grad C. steigt. An manchen Orten schützt man das Pulver vor den directen Sonnenstrahlen durch ein über den Tisch ragendes Dach, an welchem mittelst Schnüren und Rollen leinene Tücher aufgezogen werden können.

Zum Trocknen im Schatten sind neun Stunden erforderlich und zeigt das in das Pulver getauchte Thermometer selten mehr als 25 Grad C.

Das Trocknen in Trockenhäusern erfordert durchschnittlich 8—20 Tage.

Das künstliche Trocknen. Der Grund, weshalb man trotz aller Vorzüge des Lufttrocknens dennoch in den meisten größeren Fabriken sich künstlicher Wärme zum Trocknen bedient, liegt darin, daß man eben beim Lufttrocknen zu sehr von der Witterung abhängt und zu großer Räumlichkeiten bedarf.

Zum künstlichen Trocknen des Pulvers kann man sich eines in der Mitte eines Zimmers stehenden Ofens bedienen. An den Wänden des Zimmers ist das Pulver auf mit Gitterwerk versehenen und mit wollenen Tüchern bedeckten Hürden ausgebreitet. Dieses Verfahren giebt, obwohl scheinbar sehr gefahrvoll, nur selten zu Unfällen Veranlassung. Zweckmäßiger allerdings steht der Ofen in einem Nebenzimmer.

Digitized by Google

Am meisten gebräuchlich ist das künstliche Trocknen mit Wasserdämpfen. Auf einem hölzernen Trockenkasten liegt das Pulver (je 75 Kgr.) auf mit Messingdraht überspannten und mit leinenen Tüchern bedeckten Holzrahmen. Im Kasten liegen mehrere große, hohle Cylinder aus Kupfer mit durchgehenden parallelen Röhren von gleicher Länge. In die Cylinder läßt man Wasserdampf eintreten und treibt mittelst eines Ventilators durch die davon erhitzten Röhren Luft, welche sich erwärmt, den innern Raum des Kastens füllt und durch das Pulver von unten nach oben streicht. In einer starken Stunde ist das Trocknen vollendet.

Es sei hier schließlich noch erwähnt, daß man das Pulver auch mit Luft von gewöhnlicher Temperatur, die aber vorher getrocknet wurde, entwässert hat. Bei diesem Verfahren passirt die nicht erwärmte Luft, ehe sie in das Trockenhaus eintritt, einen oder mehrere Räume, in welchen frisch gebrannter Kalk aufgeschüttet ist. Nachdem die Luft an letzteren ihre Feuchtigkeit abgegeben hat, wird sie mittelst eines Ventilators in das Trockenhaus getrieben. Diese Methode ist dann zu empfehlen, wenn man den Kalk sich leicht und billig verschaffen kann und für denselben nach seiner Benützung noch weitere, geeignete Verwendung hat.

10. Das Ausstäuben des Pulvers.

Das Ausstäuben hat einen doppelten Zweck. Es soll durch dasselbe der (ungefähr $^1/_7$ Procent vom Gewichte des Pulvers betragende) Staub entfernt und zugleich auch dem Pulver Politur ertheilt werden.

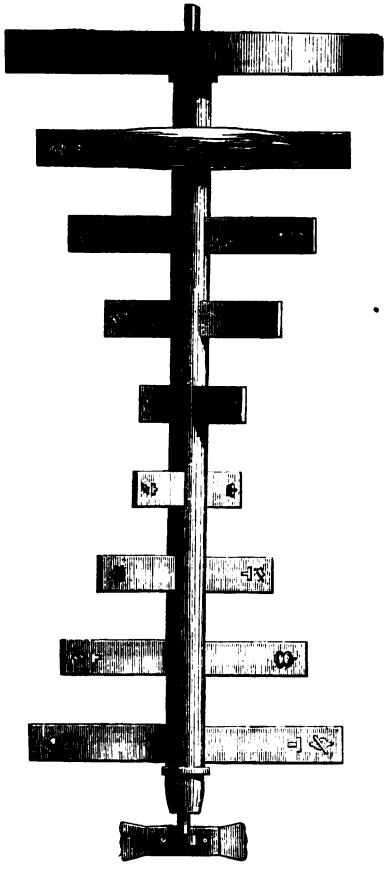
Früher stäubte man das Pulver in leinenen Säcken aus, die neben einander an der Decke aufgehängt waren. Am unteren Ende der Säcke waren Seile angebracht, welche, mit einer über der Decke des Zimmers liegenden Hebelvorrichtung in Verbindung stehend, die Säcke auf- und niederbewegten.

Neuerdings hat man in den größeren Pulverfabriken statt dieser Methode folgende eingeführt:

Digitized by Google

An einer horizontalen Staubwelle (Fig. 20) sind acht

Fig. 20.



Staubflügel angebracht, welche schraubenförmig an der Welle angeordnet sind, so daß bei einer gleichen Belastung

Digitized by Google

aller Flügel die Welle nach allen Seiten gleichmäßig angestrengt wird. Jeder Staubflügel, etwa 1·7 Meter lang und 0·1 Meter breit, ist an der vorderen und hinteren Seite mit kupfernen Haken versehen, so daß an jedem Flügel zwei Staubsäcke befestigt werden können. Die Staubsäcke sind 1·42 Meter lang und 2·6 Dcm. breit und an beiden Enden mit Lederösen versehen.

Nachdem die Staubsäcke ausgeklopft und auf Dichtigkeit geprüft worden sind, werden sie mit 5—7 Kgr. Pulver gefällt, zugebunden und an den Staubflügeln befestigt. Die Maschine wird sodann in Bewegung gesetzt und derselben eine Geschwindigkeit von 15 Umdrehungen in der Minute ertheilt. Die Körner wälzen sich in dem Sacke hin und her und erhalten durch die gegenseitige Reibung Glanz während der Staub durch die Poren des Sackes geschleudert wird. Zur Vermeidung des Umherfliegens von Staub setzt man eine Wand aus Leinwand vor die Maschine.

Die Zeit des Ausstäubens mittelst dieser Maschine ist in verschiedenen Fabriken verschieden. Sie beträgt für Geschützpulver 1 Stunde und für Gewehrpulver 2 Stunden, manchmal aber auch für Geschützpulver ungefähr $^1/_2$ Stunde und für Gewehrpulver 1 Stunde.

Schließlich sei hier noch erwähnt, daß das Pulver bei den bis jetzt besprochenen Operationen geringe Veränderungen in seiner ursprünglichen Zusammensetzung erleidet wie aus nachfolgender Zusammenstellung ersichtlich ist:

	Salpeter	Schwefel	Kohle
Vorschriftsmäßiger Satz	74·00	10·00	16·00
Gemengter Satz . . .	74·03	10·13	15·84
Gedichtetes Pulver . .	73·60	10·22	16·15
Gekörntes Pulver . . .	73·66	10·38	15·96
Lufttrockenes Pulver . .	73·94	10·20	15·86
Polirtes Pulver . . .	74·43	9·73	15·84
Fertiges Pulver . . .	74·49	9·72	15·79

Digitized by Google

11. Das Sortiren des Pulvers.

Bereits bei dem vorläufigen Sortiren des Pulvers und Ausstäuben wird, wie wir sahen, ein Sortiren des Pulvers vorgenommen. Indessen werden durch die nachfolgenden Operationen des Abrundens, Trocknens und Ausstäubens die Körner in ihrer Größe und Form wieder so geändert, daß ein nochmaliges Sortiren unbedingt nothwendig wird.

Die Sortirmaschine besteht aus einem hölzernen Rahmen, welcher an der Decke des Zimmers an vier Lederriemen befestigt ist. In dem Rahmen befinden sich verschiedene Siebsysteme, deren jedes zwei Siebe enthält. Das obere Sieb ist das Geschützpulversieb, dessen Maschen 1·04 Mm. groß sind, das untere Sieb das Gewehrpulversieb (0·67 Mm. Maschenweite). Das Obersieb ist mit einem Deckel bedeckt. In diesen Deckel mündet ein Trichter, durch welchen das Pulver eingeschüttet wird.

Die Sortirmaschine wird aus freier Hand bewegt. Auf dem Obersiebe bleiben alle Pulverkörner liegen, welche größer als Geschützpulver-Körner sind, auf dem zweiten (Gewehr-) Siebe bleibt das Geschützpulver. Das Gewehrpulver fällt durch das Gewehrsieb in einen Schlauch und von da in ein untergestelltes Pulverfaß.

12. Das Vermengen des Pulvers.

Es läßt sich nicht vermeiden, daß trotz des Sortirens in jeder Pulversorte Körner von verschiedener Größe sich befinden. Es wird deshalb, wenn man beispielsweise eine Reihe von Tonnen sortirten Geschützpulvers miteinander vergleicht, das cubische Gewicht in den einzelnen Tonnen ein oft merkbar verschiedenes sein. Das Vermengen bezweckt nun, ein Pulver von möglichst derselben Beschaffenheit und möglichst demselben cubischen Gewicht zu erzielen.

Zu diesem Zwecke dient folgender Apparat. Ein hölzernes flaches cylindrisches Gefäß ist mittelst eines starken runden

Digitized by Google

Balkens an der Decke aufgehängt. Das hölzerne Gefäß hat mehrere, in der Regel sechs kreisrunde Oeffnungen im Boden, welche Kupfertrichter, die sich nach unten verjüngen, aufnehmen. Sie laufen vom Boden des Gefäßes schräg nach unten und münden in eine gemeinsame Röhre, die in der verlängert gedachten Achse des Balkens liegt.

Jeder dieser Kupfertrichter faßt 100—200 Kgr. Pulver. Nachdem die sechs Trichter mit Pulver gefüllt wurden, läßt man die ganze Masse in die gemeinschaftliche Röhre fließen, wo sie sich mengt und von wo sie durch einen ledernen Schlauch in eine untergestellte Tonne läuft. Verschließt man den Lederschlauch, so kann das Pulver in den Trichtern nicht ausfließen.

Ist die untergestellte Tonne gefüllt, so verstopft sich der Schlauch an seiner Mündung von selbst und schließt sich durch Aufziehen und Umbiegen.

Wenn man auf diese Weise eine »Specialvermengung« des Pulvers vorgenommen hat, so kann man dadurch, daß man von jeder »Specialvermengung« je ein Faß nimmt und also je sechs Fässer auf die oben angegebene Art mit einander vermengt, eine »Generalvermengung« noch nachfolgen lassen.

Die gepreßten Pulversorten.

Während die französischen Revolutionskriege mit ihrem plötzlich gesteigerten Pulverbedarf sehr zur Vervollkommnung der maschinellen Einrichtungen der Pulver-Fabrikation beitrugen und während der Krim-Krieg die bis dahin gebräuchliche Gewinnung des Salpeters in Salpeter-Plantagen beseitigte und die Fabrikation des Conversions-Salpeters im Gefolge hatte, hat auf der anderen Seite der amerikanische Bürgerkrieg, respective die Einführung der gepanzerten Schiffe in diesem Kriege das gepreßte Pulver entstehen lassen.

Digitized by Google

Die nächste Frage bei Einführung der Panzerschiffe mußte sein: »Auf welche Weise läßt sich die Wirksamkeit des Pulvers derart erhöhen, daß die Geschosse die Panzerplatten durchdringen können?« Die praktischen Amerikaner haben noch in demselben Kriege diese Frage richtig gelöst.

Zunächst dachte man daran, die Pulverladung zu vermehren. Allein man überzeugte sich bald, daß das gewöhnliche Geschützpulver hierzu nicht benützt werden konnte. Bei der vermehrten Ladung entwickelten sich zu plötzlich und zu große Mengen von Gas. Die Gasspannung war in Folge dessen eine zu hohe.

Man stellte in Folge dessen in Amerika Versuche an über die Gasspannungen, welche entstehen, wenn man Pulver von sehr verschiedener Körnergröße als Ladung benützt. Die Versuche ergaben, daß sich mit der Verkleinerung des Kornes Gasspannung, Anfangsgeschwindigkeit und Schußweite vergrößern.

Da nun aber kleine Körner das Geschützrohr zu stark angreifen, so wählte man den entgegengesetzten Weg, man nahm recht große Körner und suchte die dadurch eintretende Verminderung der Anfangsgeschwindigkeit der Geschosse durch Vermehrung der Pulverladung wieder auszugleichen.

In Folge dieser und ähnlicher Versuche wurde im Jahre 1862 in Amerika das Mammuth-Pulver eingeführt, dessen Körner einen Durchmesser von 1·56 bis 2·34, ja später sogar bis 2·6 Cm. hatten.

Das Mammuth-Pulver wurde bald durch das prismatische Pulver verdrängt. Zur Bereitung des letzteren wurde man durch folgende Ueberlegung geführt: Wendet man zu größeren Ladungen ein feinkörniges Pulver an, so verbrennt das Pulver bei seiner Entzündung augenblicklich, weil es der Flamme zu große Oberfläche darbietet. In Folge dessen wird im ersten Augenblick ein großer, mehr sprengender, als nachhaltig treibender Gasdruck im Rohre vorhanden sein, während der Rest der entwickelten Kraft im Verhältniß zum ersten Theile nur gering ist. Man sann deshalb auf ein Mittel, die Oberfläche des Pulver-

Digitized by Google

kornes derart zu verringern, daß das Korn nicht augenblicklich, sondern allmählich durch seine ganze Masse verbrenne. Bei der bedeutenden Länge des Rohres der schweren Geschütze konnten alsdann die Gase, indem sie sich langsamer entwickelten als die des gewöhnlichen Pulvers, vollständig auf das Geschoß wirken, noch ehe letzteres die Mündung verließ.

Anfänglich versuchte man nun, aus dem Pulversatze unmittelbar durch Pressen Kartuschen und Patronen zu erzeugen. Da jedoch in diesem gepreßten Pulver alle Zwischenräume fehlten und das Pulver in Folge dessen langsam verbrannte, wurde ein großer Theil der Ladung aus dem Rohre herausgeworfen, ehe derselbe zur Verbrennung gelangt war.

Deshalb verfiel man schließlich auf den Gedanken, das comprimirte Korn durch Canäle seiner Länge nach zu durchbohren. Ein derartiges Korn verbrennt bei der Entzündung sowohl von außen, als auch im Innern, verbrennt aber langsamer als feingekörntes Pulver. Der beabsichtigte doppelte Zweck ist also erreicht.

Auf diese Weise wurde das prismatische Pulver erfunden. Dieses Pulver ist nichts anders, als gewöhnliches Pulver, welches in sechseckigen Formen comprimirt wurde und welches bei dieser Verdichtung durch geeignete Construction der Presse zugleich mehrere (in der Regel sieben) in der Längsrichtung durchgehende Canäle erhält (Fig 21).

Von Amerika aus, wo das prismatische Pulver im Jahre 1861 zuerst dargestellt wurde, fand dasselbe seinen Weg nach Rußland und von da nach Deutschland.

Die Presse besteht aus drei Theilen, einem unbeweglichen Mitteltheile, in welchem sich die sechseckige Form befindet, und einem Ober- und Untertheile, welche nach entgegengesetzter Richtung beweglich sind. Im Untertheile sind sieben Stahlnadeln, im Obertheile sieben den Nadeln entsprechende Canäle angebracht.

Durch den Druck, welcher von dem Obertheile sowohl wie von dem Untertheile auf die Pulverkörner ausgeübt

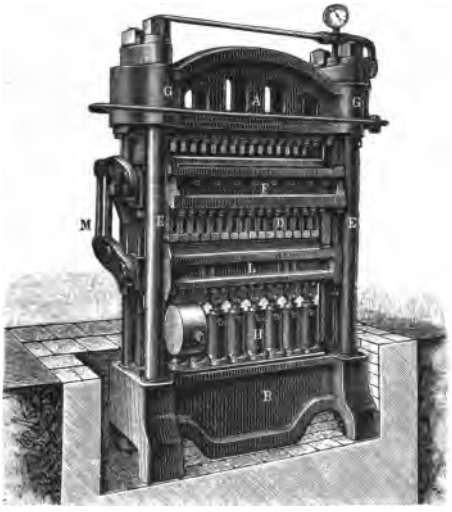
Digitized by Google

wird, erfolgt ein Zusammenpressen der letzteren und mit zunehmender Pressung treten die emporsteigenden Nadeln in die correspondirenden Canäle ein.

Eine derartige hydraulische Presse, Construction Gruson, mit 16 Stempeln ist in Fig. 22 abgebildet. Diese Prismapresse besteht aus dem oberen Widerlager A, an welchem

Fig. 21.

Fig. 22.



die feststehenden Oberstempel C angebracht sind, und aus dem unteren Widerlager B, welcher mit dem oberen durch vier Säulen E verbunden ist. Der bewegliche Matrizentisch F ist zwischen den Säulen der Presse geführt und hängt an dem Kolben der hydraulischen Cylinder G, welche zu beiden Seiten des oberen Widerlagers angebracht sind. Auf dem unteren Widerlager B, oder auch in diesem ist eine Anzahl Preßcylinder H angebracht, auf deren verlängertem Kolben die mit Nadeln versehenen Unterstempel D

Digitized by Google

sitzen. Durch diese Preßcylinder wird die eigentliche Preßarbeit ausgeübt. Für jeden Unterstempel, oder, wenn die Maschine mit einer größeren Anzahl von Stempeln arbeitet, für je zwei, ist ein besonderer Preßcylinder angeordnet. Im letzteren Falle sitzen die Unterstempel auf einem kleinen Balancier I, welcher den durch den Kolben ausgeübten Druck gleichmäßig auf beide vertheilt. Auf solche Weise wird jedes Prisma für sich gepreßt und erhält stets den gleichen Druck, unabhängig von der Füllung der Matrizen durch den Füllschieber. Die Säulen, welche die Verlängerung der Kolben bilden, sind in einer Traverse L geführt, die zum Zurückziehen der Unterstempel aus der Matrize dient und zu diesem Zwecke durch eine eigene Hebelanordnung M mit dem beweglichen Matrizentische F in Verbindung steht. Der Schieber zum Füllen der Matrizen gleitet auf den Matrizentisch, an welchem auch der zur Aufnahme des zu pressenden Pulvers bestimmte Kasten befestigt ist.

Außer den hydraulischen Pressen werden zur Fabrikation des prismatischen Pulvers auch Excenterpressen und für die Herstellung des comprimirten Sprengpulvers auch Pressen angewendet, welche mittelst Räder und Kurbel automatisch arbeiten. Die Pressung erfolgt, während die Kurbel durch den todten Punkt geht, und liefert Patronen bis zu 80 Mm. Höhe und 50 Mm. Durchmesser.

Das zur Pressung kommende Pulver wird in der Regel bis zur vollendeten Körnung auf gewöhnlichem Wege hergestellt und wird nach dem Pressen dadurch getrocknet, daß man die Prismen auf Draht aufzieht und in den Trockenkasten bringt.

Durch das Pressen gelingt es, wie Versuche von Wedding lehrten, den gepreßten Pulverstücken ein specifisches Gewicht von 1·95 in getrocknetem Zustande zu ertheilen, und diese Zahl ist als höchstes erreichbares Maximum in der Fabrikation anzusehen. Zur Erzielung hoher Dichte ist eine längere Zeitdauer des höchsten Druckes während der Pressung durchaus nothwendig, da das Pulver eine derart große Elasticität besitzt, daß bei kurzer Druckzeit,

Digitized by Google

wie dieselbe durch Kurbeldrehung erzeugt wird, selbst bei 6000 Kgr. per Qcm. die comprimirten Klötze oder Prismen sich nach dem Lösen des Druckes sofort wieder um 10 Procent ihres Volumens ausdehnen. Da nun Pulver bei einem specifischen Gewichte von 2·00 eine gleich große Druckfestigkeit wie Stahl besitzt, so ist ersichtlich, daß selbst mit stählernen Preßwerkzeugen bei kurzer Druckzeit als Endresultat höchstens ein specifisches Gewicht von 2·00 — (10 Procent von 2·00) = 1·80 erzielt werden kann, abgesehen davon, daß eine Compression durch kurzen Druck überhaupt nur möglich ist, wenn das Pulver 2 Procent Feuchtigkeit enthält. Nach Verdunstung derselben reducirt sich dann das specifische Gewicht auf etwa 1·76, das gewöhnliche Normalgewicht des prismatischen Pulvers. Bei langem Andauern des Maximaldruckes verschwindet die Elasticität immer mehr. Es ist daher nur auf diesem Wege möglich, selbst bei dem sehr geringen Drucke von 2000 Kgr. per Qcm. das Maximum des specifischen Gewichtes zu erreichen, die Einflüsse der Witterung, unter denen die Elasticität des Pulvers fortwährend sehr stark variirt, zu beseitigen und Prismen von gleicher Dichte herzustellen.

Zur Erzielung ganz gleicher Pulverportionen in den Pressen construirte Wedding sehr sinnreiche, selbstthätig wirkende Pulvermeßmaschinen, bei denen die Abweichung der einzelnen Portionen höchstens 0·1 Procent beträgt.

Die Vortheile des prismatischen Pulvers liegen in seiner verdichteten Beschaffenheit sowohl als in dem Vorhandensein der Längsdurchbohrungen. Das prismatische Pulver hat im Anfange der Verbrennung wenig Oberfläche im Vergleiche zu feingekörntem Pulver. In dem Maße jedoch, als das prismatische Pulver von innen nach außen fortschreitend abbrennt, vergrößert sich seine Oberfläche. In demselben Verhältniß, als seine Oberfläche sich allmählich beim Abbrennen vergrößert, wächst auch allmählich die Gasspannung. Dadurch, daß aber das prismatische Pulver im Anfange der Explosion weniger Gas erzeugt als das gewöhnliche Pulver, erhält das Geschoß im Anfange seiner

Digitized by Google

Bewegung eine geringere Geschwindigkeit. Die Folge hiervon ist ein gleichförmiger Eintritt des Geschosses in die Züge, eine regelmäßigere Bewegung desselben und eine geringere Deformation des Bleimantels. Der gleichförmigen Bewegung des Geschosses in der Seele entspricht gleichförmigere Richtung des Fluges und gleichförmige Geschwindigkeit; der Schonung des Bleimantels entspricht gleichförmige Bewegung in der Luft.

Das englische großkörnige Pulver für gezogene Geschütze (large grained rifle powder, im Handel bezeichnet mit l. g. r. p.) wurde seit 1860 von Armstrong für seine Geschütze angewendet. Seine Körner besitzen etwa die Größe von Haselnüssen. Dieselben werden in hölzernen Trommeln mit Graphit polirt, um die Verbrennung zu verlangsamen. Im Durchschnitt gehen 13.000 Körner auf 0.454 Kgr. Diese gepreßte Pulversorte besteht aus 76·4 Procent Salpeter, 8·8 Procent Schwefel und 14·8 Procent Kohle.

Das englische Cylinderpulver (Pellet powder) wird seit 1867 in England dargestellt. Um die Vervollkommnung seiner Fabrikation in maschineller Beziehung hat sich besonders John Anderson zu Woolwich verdient gemacht.

Dieses Pulver wird in Waltham-Abbey, der berühmten königlichen Pulvermühle bei London, fabricirt.

Das englische Kieselpulver (Pebble powder) hat seinen Namen von der Aehnlichkeit seiner Körner mit gewöhnlichen Kieselsteinen. Es unterscheidet sich von dem schon genannten großkörnigen Pulver für gezogene Geschütze nur durch die Größe und Dichtigkeit seiner Körner. Man stellt es dar, indem man den Pulversatz auf die Dichtigkeit von 1·8 zusammenpreßt und den Pulverkuchen in Stücke zerschlägt, welche durch ein Sieb von 18 (nach Anderen 17) Mm. Maschenweite noch hindurch gehen, aber auf einem Siebe von 15 (nach Anderen von 13) Mm. Maschenweite liegen bleiben.

Digitized by Google

Diese Brocken werden in einer Rotirtrommel mit etwas Graphit rollirt, bis sie das Ansehen von schwarzen abgerundeten Kieselsteinen erhalten. Es soll auch für gezogene Hinterlader dem prismatischen Pulver überlegen sein.

Schließlich sei hier noch eine Analyse dieser drei englischen gepreßten Pulversorten mitgetheilt:

Fig. 23.

Fig. 24.

	Kieselpulver	l. g. r. p. (großkörniges Pulver)	Pelletpulver (Cylinderpulver)
Salpeter	74·67	74·95	75·30
Schwefelsaures Kalium.	0·09	0·15	0·27
Chlorkalium	—	—	0·02
Holzkohle	14·22	13·52	11·34
Wasser, ...	0·95	1·11	0·65

Sprengpulver wird ebenfalls gepreßt, gewöhnlich ertheilt man demselben die in Fig. 23 und Fig. 24 dar-

Digitized by Google

gestellte Form. Der sich nach oben verjüngende Canal gestattet es, die Zündschnur in demselben festzuklemmen, wie die Abbildung zeigt.

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Schwarzpulvers.

(Theorie der Verbrennung.)

1. Die physikalischen Eigenschaften.

Ein gutes Pulver muß gewisse physikalische Eigenschaften zeigen. Es soll eine vollkommen gleichmäßige Schieferfarbe haben. Eine ins bläulichschwarze oder dunkle spielende Farbe deutet auf zu viel Kohle oder zu große Feuchtigkeit. Aus Rothkohle dargestelltes Pulver ist bräunlichschwarz.

Zerreibt man etwas Pulver, so darf man (auch mit bewaffnetem Auge) nicht die geringste Verschiedenheit der Farbe wahrnehmen. Eine dabei hervortretende ungleiche Färbung würde auf ungleiche Mischung hinweisen.

Einzelne schimmernde Punkte oder weißliche Flecken, die im Pulver bemerkbar sind, zeigen an, daß durch Feuchtwerden und darauf folgendes Trocknen Salpeter aus dem Pulver ausgewittert ist.

Die Körner müssen nahezu die gleiche Größe besitzen. Zur Prüfung auf die Körnergröße siebt man in den preußischen Pulverfabriken je 2·5 Kgr. Pulver im Sortirapparate durch. Nach 110 Stößen dürfen beim Geschützpulver 200 Gr. als zu grob auf dem Geschützpulversiebe zurückbleiben und 266 Gr. als zu fein durch das Gewehrpulversieb fallen; beim Gewehrpulver dürfen 133 Gr. als zu grob auf dem Gewehrpulversiebe zurückbleiben.

Die Körner müssen hinreichende Kornfestigkeit haben, so daß sie sich mit den Fingern in der flachen Hand nicht leicht zerreiben lassen; beim Zerdrücken müssen sie knirschen und einen unfühlbaren Staub geben; lassen sich

Digitized by Google

beim Zerdrücken scharfe Theile durch das Gefühl unterscheiden, so deutet dies auf nicht hinlänglich fein gepulverten Schwefel.

Das Pulver darf nicht abfärben, wenn man es über den Handrücken oder über Papier rollen läßt, sonst enthält es Mehlpulver oder zu viel Feuchtigkeit.

Ein kleines Häufchen Pulver auf weißem Papier entzündet, muß schnell verbrennen, ohne einen Rückstand zu hinterlassen und ohne das Papier zu entzünden. Schwarze Flecken deuten auf zuviel oder schlecht gemengte Kohle; gelbe nach dem Abbrennen des Pulvers sich zeigende Streifen deuten auf zuviel oder schlecht gemengten Schwefel. Feuchtes oder schlechtes Pulver brennt bei diesem Versuche Löcher in das Papier.

Eine ähnliche, aber noch weit schärfere Probe zur Beurtheilung der Güte des Schießpulvers besteht in Folgendem. Mit Jodstärke gefärbtes Papier wir leicht angefeuchtet und mit den Rändern auf eine Glasplatte von gleichen Dimensionen geleimt. Die zu untersuchenden Pulversorten müssen gleiche Zusammensetzung und ihre Körner die gleiche Dicke haben, kurz, sie dürfen sich nur durch die Art der Pulverisirung unterscheiden.

Auf das auf der Glasplatte befestigte und getrocknete Papier streut man $^1/_2$ Gr. Pulver in Form eines Kreises, und zwar so, daß es eine gleichmäßige Schicht mit neben einander nicht über einander gelagerten Körnern bildet.

Man entzündet nun das Pulver und untersucht alsdann die durch seine Verbrennung hinterlassene Spur. Diese Spur ändert sich mit der Beschaffenheit und dem Zustande des sie erzeugenden Pulvers und ist bei Pulver von gleicher Zerkleinerungsart immer von gleichem Aussehen. Mit großer Genauigkeit läßt sich so der mehr oder weniger vorgerückte Pulverisations- und Mengungszustand der betreffenden Materialien erkennen.

Unmittelbar nach der Entzündung fällt der hinterlassene Abdruck nicht sehr in die Augen; er erlangt aber rasch ein um so deutlicheres Aussehen, je wirksamer das

Digitized by Google

Pulver zerkleinert worden war. Schwarze Flecken werden sichtbar an den Stellen, auf welchen das Pulver gelegen hatte. Dieselben gleichen ziemlich denjenigen, welche man erhält, wenn man Pulverkörner auf Papier zerdrückt.

Diese Flecken sind umso gedrängter, zahlreicher und dünner, je besser die Pulverisirung und je inniger die Mengung war. War die Pulverisirung unvollkommen, so kommen die Flecken spärlicher vor, sie liegen weiter auseinander und sind rußartig. Dieses Weiterauseinanderliegen der Flecken erklärt sich einfach dadurch, daß bei schlechter Pulverisirung und Mischung im ersten Moment der Entzündung unvollkommen verbrannte Theilchen zerstreut und umhergeschleudert werden.

Mitten auf dem bläulichen Jodstärkepapier ist nach dem Abbrennen des Pulvers ein großer weißer Fleck gebildet. Je besser das Pulver zerrieben wurde, desto großer ist die Ausdehnung und desto glanzloser die Farbe des Fleckes. Bei weniger vollständiger Zerpulverung verschwimmen die Ränder der weißen Aureole in röthliche Nuancen.

Außerdem sind auf diesem durch das Abbrennen gewonnenen »pyrographischen Bilde« unvollkommener Pulvergattungen weiße Tüpfelchen zu sehen, die sich außerhalb des zusammenhängenden weißen Grundes verbreiten. Diese Tüpfelchen bestehen aus gebildeter Potasche. Sie werden, indem sie rasch Feuchtigkeit aufnehmen, größer und sind desto zahlreicher, je weniger vollständig die Bestandtheile des Pulvers zerkleinert wurden. Bei hinreichender Zerkleinerung des Pulvers fehlen sie beinahe ganz.

Bei weitem schärfere Resultate werden erhalten, wenn zur pyrographischen Prüfung des Schießpulvers blausaures Eisenpapier verwendet wird. Es ist dies dasselbe Papier, welches zur Vervielfältigung von Zeichnungen ꝛc. nach dem Lichtpausverfahren dient. Die bei der Verbrennung des Pulvers entstehenden Schwefelalkalien und Thiosulfate zerstören die blaue Farbe des Papieres und erzeugen gelbe und weiße Flecke. Nach E. Monroe wird ein quadratisches Stück solchen Papieres mit 15—20 Cm.

Digitized by Google

Seitenlänge angefeuchtet und auf eine Glas- oder Kupferplatte gelegt. Ein abgestumpfter Bleikegel von 3 Cbcm. Inhalt wird an der Spitze mit dem Finger verschlossen, mit Pulver gefüllt und auf das Papier umgestürzt, wodurch auf demselben ein kegelförmiges Häufchen entsteht, welches man mittelst eines glühenden Drahtes entzündet. Nach dem Abbrennen bleibt das Papier noch dreißig Secunden der Einwirkung des Rückstandes ausgesetzt und wird dann sofort in fließendem Wasser gewaschen. War das Pulver gut gemengt, so sind die Flecken klein und ganz gleichmäßig über die Oberfläche vertheilt, so das dieselbe nun ein lichtes Blau mit einzelnen Flecken und lichten Streifen zeigt. Bei schlecht gemengtem Pulver sind die Flecken groß, von unregelmäßiger Gestalt und Vertheilung. Wird noch nicht vollständig gemengtes Pulver (Mühlenkuchen) in der angegebenen Art geprüft, so sind, je nach der größeren oder geringeren Vollkommenheit der Mischung und der schnelleren oder langsameren Verbrennung die Theilchen des Rückstandes klein und umhergeschleudert, oder groß und mehr um die Stelle, an welchen das Pulverhäufchen gelegen hatte, gruppirt.

Das zu dieser Prüfung nöthige blausaure Eisenpapier wird bereitet, indem man zunächst die Lösungen von 35·44 Gr. rothem Blutlaugensalz in 283·5 Cbcm. Wasser und von 71 Gr. citronensaurem Eisenoxydammoniak in 170·1 Cbcm. Wasser zusammengießt und durch gründliches Durchschütteln innig mischt. Die Lösung ist vor Licht geschützt aufzubewahren. Die Präparation des Papieres erfolgt derart, daß man dasselbe in einer Dunkelkammer mittelst eines Schwammes mit dieser Mischung bestreicht und hierauf trocknet. Für die Zwecke dieser Probe werden die trockenen Blätter durch 4—5 Stunden starkem Sonnenlicht, sodann 5 Minuten lang fließendem Wasser ausgesetzt und mit Filtrirpapier abgetrocknet, so daß sie nur feucht erscheinen.

Die Dichtigkeit des Pulvers. Man unterscheidet das cubische Gewicht (gravimetrische oder Maßdichtigkeit) des Pulvers von seinem specifischen Gewicht. Letzteres kann zweierlei sein: 1. das relative specifische Gewicht (»Korn-

Digitized by Google

dichtigkeit«) oder 2. das absolute specifische Gewicht («Massendichtigkeit»).

a) Das cubische Gewicht (gravimetrische oder Maßdichtigkeit).

Dasselbe ist das Gewicht gleicher Raumtheile Pulver einschließlich der in seinen Poren und Zwischenräumen befindlichen Luft. Man erhält dasselbe, wenn man ein kupfernes, 1 Cubikfuß oder 1 Liter enthaltendes Gefäß (Gravimeter) voll Pulver schüttet, und zwar in so dichter Lage, wie die Pulverkörner etwa im Feuergewehr sich befinden, mit einem Holze das überschüssige Pulver abstreicht und sodann wägt.

Absolut genau kann man das cubische Gewicht nicht bestimmen. Denn es ist klar, daß die Zwischenräume zwischen den einzelnen Pulverkörnern verschieden groß sein werden, wenn die Körner eckig oder aber rund, kleiner oder größer sind, oder wenn ihre Oberfläche mehr oder weniger glatt ist.

b) Das relative specifische Gewicht des Pulvers (Korndichtigkeit).

Man versteht darunter das Gewicht der einzelnen Pulverkörner einschließlich der in den Hohlräumen des Kornes enthaltenen Luft (mit Ausschluß aber der in den Zwischenräumen zwischen den einzelnen Körnern befindlichen Luft).

Das relative specifische Gewicht ist umso größer, je stärker der Druck bei der Kuchenbildung und je weniger Wasser beim Umwandeln des Satzes in Kuchen vorhanden war. Die verdampfende, geringere Menge Wasser beim Trocknen macht dann die Pulverkörner weniger porös.

Es ist sehr schwierig, das relative specifische Gewicht des Pulvers hinreichend genau zu bestimmen, und zwar aus dem Grunde, weil es keine Flüssigkeit giebt, in welcher sich das Pulver wägen läßt, ohne daß dieselbe zugleich von den Körnern aufgesogen wird.

Ein ungefähres Verfahren besteht darin, daß man eine gewogene Menge Pulver (z. B. 10 Gr.) zu in einem

Digitized by Google

graduirten Glascylinder befindlichen absoluten Alkohol von 0·794 bis 0·798 specifischem Gewicht schüttet und aus der Menge des verdrängten Alkohols die Korndichtigkeit berechnet. Es ist jedoch unbedingt nöthig, daß möglichst rasch (sofort nach dem Einschütten des Pulvers) abgelesen werde.

Die Berechnung ist sehr einfach. Hat man z. B. 10 Gr. Pulver für den Versuch verwendet und stieg nach dem Einschütten desselben der Alkohol in der Röhre um 6·2 Cbcm., so ist das relative specifische Gewicht:

$$x = \frac{10}{6 \cdot 2} = 1 \cdot 61.$$

Man kann auch das relative specifische Gewicht dadurch ermitteln, daß man ein kleines, mit einem eingeschliffenen Glasstöpsel dicht verschließbares Glasgefäß mit Alkohol von bekanntem specifischen Gewicht völlig anfüllt und den Glasstöpsel einsetzt. Das verschlossene Gläschen wird mit Seidenpapier völlig abgetrocknet und gewogen. Hierauf gießt man den Alkohol aus dem Gefäß, trocknet letzteres vollkommen und wägt in ihm eine gewisse Menge Pulver ab. Hierauf füllt man, während das Pulver im Gefäße bleibt, letzteres wieder mit Alkohol, setzt den Stöpsel auf, trocknet das Gefäß äußerlich vollkommen ab und wägt wieder. Aus diesen verschiedenen Wägungen läßt sich das relative specifische Gewicht des Pulvers durch folgende einfache Berechnung ableiten. Man kennt das Gewicht des Gläschens mit Alkohol gefüllt (dasselbe hat man ein- für allemal bei einer gewissen Temperatur bestimmt). Ferner weiß man das Gewicht des Pulvers, sowie das Gewicht des mit Pulver und Alkohol gefüllten Gläschens.

Es habe gewogen:

Gläschen mit Alkohol (von 0·8 spec. Gewicht)	80 Gr.
Gläschen mit Alkohol und 5·3 Gr. Pulver	82·3 »

Folglich wiegt in letzterem Falle 82·3 — 5·3 = 77 Gr. das Gläschen sammt Alkohol. Es wurden daher 80 — 77 = 3 Gr. Alkohol von 0·8 specifischem Gewicht verdrängt durch

Digitized by Google

5·3 Gr. Pulver, letztere nehmen also genau denselben Raum ein wie 3 Gr. Alkohol von 0·8 specifischem Gewicht.

Hieraus ergiebt sich das relative specifische Gewicht des Pulvers zu:

$$\frac{5·3}{3} \cdot 0·8 = 1·41.$$

c) Das absolute specifische Gewicht (Massendichtigkeit).

Darunter versteht man die Dichtigkeit der Masse der Pulverkörner ohne eingeschlossene Luft. Die Massendichtigkeit des Pulvers ist immer annähernd = 2·0 anzunehmen, da jeder der Bestandtheile des Pulvers nahezu diese Dichtigkeit besitzt.

Das absolute specifische Gewicht ermittelt man in gleicher Weise, wie soeben für das relative Gewicht angegeben wurde. Nur muß man in diesem Falle erst alle mit Luft erfüllten Poren der Pulverkörner mit Alkohol erfüllen lassen und die Luft unter einer Luftpumpe ausgepumpt haben, ehe man zur Wägung schreitet.

Das zu untersuchende Pulver wird in einer kurzen, weiten Glasröhre oder in einem kleinen Porzellantiegel längere Zeit in einem Sandbade auf 50—62 Grad C. erwärmt, darauf in einer mit warmem Sande gefüllten Schale einige Zeit unter die Luftpumpe gebracht, sodann sofort gewogen und in das oben genannte Gläschen geschüttet, dessen Gewicht, wenn es mit Alkohol bei einer bestimmten Temperatur gefüllt ist, man ein- für allemal festgesetzt hat.

Alsdann füllt man das Gläschen zur Hälfte mit Alkohol und bringt es unter den Recipienten einer Luftpumpe. Beim Auspumpen entweichen die Luftblasen aus den Poren der Pulverkörner, zugleich aber geräth auch der Alkohol ins Sieden, dessen Dampfblasen jedoch leicht von den Luftblasen sich unterscheiden lassen. Man pumpt so lange aus, als noch Luftblasen entweichen.

Digitized by Google

Hierauf läßt man das Gläschen noch ruhig eine Stunde unter dem Recipienten stehen, damit der Alkohol überall in die Poren der Pulverkörner eindringen kann. Nach Ablauf dieser Zeit füllt man das Gläschen bis zum Rande mit Alkohol an und stellt es eine Stunde lang in ein Gefäß mit Wasser, welches dieselbe Temperatur hat, bei welcher das mit absolutem Alkohol gefüllte Gefäß gewogen wurde (gewöhnlich 21·25 Grad C.). Nunmehr nimmt man das Gläschen heraus, trocknet es äußerlich ab und wägt.

Alsdann wird der Alkohol aus dem Glase gegossen, das Pulver auf Löschpapier geschüttet und nach oberflächlichem Abtrocknen in ein Cylinderglas gebracht, dessen oberer Rand abgeschliffen und mit einer Platte bedeckt ist. Zwischen der Platte und dem Rande des Glases klemmt man einen in den Cylinder hängenden Papierstreifen an, bringt dann das innen noch vollständig mit Alkohol gesättigte Pulver hinein und schüttelt einigemal den Cylinder, damit die Pulverkörner wiederholt mit dem Papier in Berührung kommen und den äußerlich anhaftenden Alkohol verlieren. Das so abgetrocknete Schießpulver wird wieder gewogen.

Hierbei erhält man:

a) das Gewicht des Glases mit Alkohol;
b) » » » trockenen Pulvers;
c) » » » mit Alkohol getränkten Pulvers;
d) » » » Glases mit Alkohol und getränktem Pulver.

Hieraus ergiebt sich das specifische Gewicht des Pulvers $= x$ im Verhältniß zum Alkohol nach der Formel:

$$x = \frac{b}{a + c - d}.$$

Das specifische Gewicht des Pulvers im Verhältniß zum Wasser durch die Formel:

Digitized by Google

$$x' = \frac{b \cdot e}{a + c - d'}$$

wobei e das specifische Gewicht des Alkohols bedeutet.

Pulversorten von nahezu gleichen cubischen Gewichten können ein abweichendes specifisches Gewicht haben, wie folgende Tabelle lehrt:

	Preuß. Cubikfuß*) in Pfd.	Spec. Gewicht
Geschützpulver von Neiße	60	1·77
» » Berlin	60	1·63
» » Bern (Nr. 6) . .	$59^3/_8$	1·67
» » Rußland (ord.) . .	$60^5/_{16}$	1·56
Gewehrpulver von Berlin	60	1·63
» » Bern (Nr. 4) . .	$60^5/_8$	1·67
» » Hounslow	59	1·72
Pirschpulver von Le Bouchet	$59^1/_4$	1·87
Sehr grobkörniges niederl. Pulver (ord.)	$60^3/_{16}$	1·87
» » österr. » . . .	$64^3/_8$	1·72

Umgekehrt kann auch ein und dasselbe specifische Gewicht des Pulvers einem sehr verschiedenen cubischem Gewichte zu Grunde liegen. Zum Beweise dafür sei nachfolgende Tabelle angeführt:

	Benennung der Pulversorte	Cubisches Gewicht Kgr.	Gr.	Spec. Gewicht
Geschützpulver	von Neiße (ord. Pulver) . .	30	—	1·77
	» Berlin (neue Fabrikation)	30	—	1·63
	» Neiße » »	30	—	1.67
	» Rußland (ord. Pulver) .	30	156·2	1·56
	» Dänemark (rundes) . .	31	468·75	1·72
Gewehrpulver	» Berlin (neue Fabrikation)	30	—	1·63
	» Bern (Nr. 4) . . .	30	328·125	1·67
	» München (eckiges) . .	31	—.	1·82
	» Hounslow	29	500	1·72
Pirschpulver	» Le Bouchet	29	625	1·87
	» Berlin (alte Fabrikation)	31	—	1·77

*) 1 preuß. Cubikfuß = 0·0309 Cubikmeter.

Digitized by Google

Weil also bei gleichem cubischen Gewicht zweier Pulversorten durchaus nicht ihre specifischen Gewichte dieselben sind, und umgekehrt, ist es nothwendig, beide Gewichte zu bestimmen, falls man über die Beschaffenheit des vorliegenden Pulvers ein sicheres Urtheil gewinnen will.

Das specifische Gewicht giebt über die Beschaffenheit der Satzmaterialien, über das Verhältniß, in welchem diese zusammengesetzt wurden, und über die angewandte Kraft zu ihrer Verdichtung zu Pulverkuchen summarischen Aufschluß. Das cubische Gewicht hängt aber außerdem noch von der Größe und Gestalt der Körner, der Politur und dem Staubgehalte des Pulvers ab; den gewünschten Aufschluß über die Wirkung des Pulvers giebt nur das cubische Gewicht als Endresultat aller und namentlich auch der letzten Fabrikations-Operationen.

Aus dem specifischen Gewichte des Pulvers, als dem Maßstabe für die Dichtigkeit der Körner, läßt sich auch auf den Grad seiner geschützzerstörenden Eigenschaft schließen. Denn von der geringeren oder größeren Dichtigkeit der Körner hängt ab die schnellere oder langsamere Zersetzung des Pulvers, von letzterer endlich aber ist abhängig die größere oder geringere geschützzerstörende Eigenschaft des Pulvers.

Je größer das specifische Gewicht des Pulvers ist, desto größer ist im Allgemeinen auch seine Haltbarkeit während des Transportes und bei ungünstiger Witterung.

Die Verbrennungsgeschwindigkeit des Pulvers steht genau im umgekehrten Verhältnisse zu dem specifischen Gewichte.

d) Der Feuchtigkeitsgehalt des Pulvers.

Sehr gutes, anscheinend ganz trockenes Pulver enthält mindestens 0·5 Procent Feuchtigkeit. Mehr als 1·5—2 Procent Feuchtigkeit soll gutes Pulver aus der Luft nicht anziehen.

Das Pulver kann über 14 Procent Wasser aus feuchter Luft absorbiren. Hat es nicht mehr als 5 Procent absorbirt,

Digitized by Google

so erhält es durch das Trocknen seine frühere Wirksamkeit wieder. Pulversatz zieht mehr Feuchtigkeit an als gekörntes Pulver und feinkörniges mehr als grobkörniges. Dagegen läßt sich letzteres, einmal feucht geworden, schwerer trocknen als feinkörniges Pulver. Je mehr Kohle im Pulver, desto mehr Feuchtigkeit zieht es an.

Den Feuchtigkeitsgehalt des Pulvers ermittelt man dadurch, daß man eine gewogene Menge Pulver in einem Wasserbade eine halbe Stunde lang trocknet. Aus dem Gewichtsunterschied vor und nach dem Trocknen erhält man den Gehalt an Feuchtigkeit.

2. Die chemischen Eigenschaften.

Dieselben hängen hauptsächlich ab von der chemischen Zusammensetzung des Pulvers, welche durch die chemische Analyse ermittelt wird. Es kann nicht der Zweck dieses Buches sein, die Anleitung zu einer vollständigen chemischen Analyse des Schwarzpulvers zu geben.

Um jedoch auch Demjenigen, der mit chemischen Analysen nicht vertraut ist, das Princip zu veranschaulichen, nach welchem die chemische Untersuchung des Schwarzpulvers vorgenommen wird, sei hier eine der einfacheren Methoden herausgegriffen und kurz erläutert.

Man bringt eine abgewogene Menge des Pulvers, gewöhnlich 5 Gr., auf ein mit Wasser angefeuchtetes Filter und laugt den Salpeter (als den einzigen in Wasser löslichen der drei Pulverbestandtheile) durch wiederholtes Aufgießen kleiner Mengen heißen Wassers aus. Die abfließende Salpeterlauge sammt Waschwasser fängt man in einer großen Platinschale auf und verdampft die Flüssigkeit auf dem Wasserbade. Schließlich bringt man den Rückstand mittelst eines Platinspatels vorsichtig ohne Verlust in eine kleinere Platinschale und erhitzt letztere so lange auf 280 Grad, bis das Gewicht sich nicht mehr ändert. Da man das Gewicht der Platinschale für sich allein vorher bestimmt hat, so ergiebt die Gewichtszunahme das Gewicht des im

Digitized by Google

Pulver vorhandenen Salpeters. Hat man 5 Gr. Pulver angewendet, so erhält man durch Multiplication der gefundenen Zahl mit 20 die Procente Salpeter im untersuchten Schießpulver.

Das auf dem Filter zurückbleibende Gemenge von Schwefel und Kohle wird getrocknet, gewogen und sodann in eine Kugel einer doppelten Kugelröhre gebracht. Man leitet nun trockenes Wasserstoffgas über das Gemenge und erhitzt letzteres in der Kugelröhre so lange, bis aller Schwefel in die zweite Kugel überdestillirt ist. Hierauf nimmt man die Gasflamme weg und läßt im Wasserstoffstrome erkalten (im Wasserstoffstrome wird die ganze Operation vorgenommen, weil unter gewöhnlichen Umständen, das heißt im lufterfüllten Raume, der Schwefel verbrennen würde). Nun schneidet man mit einer Feile die beiden Kugeln von einander ab, wägt eine jede Kugel sammt Inhalt für sich, entfernt den Inhalt aus jeder Kugel, wägt wieder und erfährt so die in der angewandten Menge Schießpulver vorhanden gewesene Menge Schwefel und Kohle. Diese Zahlen mit 20 multiplicirt (falls man, wie angenommen, 5 Gr. Pulver der Analyse unterworfen hatte), ergeben die Procente Schwefel und Kohle.

Nach dieser kurzen Besprechung der chemischen Analyse des Schießpulvers haben wir die chemischen Eigenschaften desselben näher in's Auge zu fassen.

a) Die Entzündlichkeit.

Wie schon an anderer Stelle erwähnt wurde, läßt sich das Schwarzpulver durch brennende und glühende Körper, durch Temperatur-Erhöhung, sowie durch Schlag und Stoß entzünden. In beiden letzteren Fällen ist es auch nichts anderes als die in Wärme umgesetzte gehemmte Bewegung, welche die Entzündung des Pulvers herbeiführt.

Bereits in der Einleitung, in welcher wir das Wesen der explosiven Stoffe kennen lernten, wurde betont, daß bei dem Schwarzpulver die Entzündungs-Temperatur mit Explosions-Temperatur zusammenfällt. Gerade so wie Schwarz-

Digitized by Google

pulver, verhalten sich in dieser Hinsicht, wie wir weiter sahen, viele pulverähnliche explosive Mischungen, sowie lose Schießbaumwolle, dagegen liegt die Explosions-Temperatur höher als die Entzündungs-Temperatur bei comprimirter Schießbaumwolle, bei Nitroglycerin und dem aus ihm dargestellten explosiven Präparaten.

Das Schwarzpulver gehört also, da bei demselben Entzündungs- und Explosions-Temperatur zusammenfallen, zu den direct explodirbaren Körpern. Man hat gefunden, daß das Schwarzpulver am leichtesten durch den Schlag von Eisen auf Eisen, von Eisen auf Messing, von Messing auf Messing sich entzündet. Weniger leicht entzündet es sich durch den Schlag von Eisen auf Kupfer und von Kupfer auf Kupfer. Nach in England angestellten Versuchen entzündet sich das Pulver auch noch durch Schlag von Bronze auf Kupfer, von Eisen auf Marmor, von Quarz auf Quarz, von Blei auf Blei und von Blei auf Holz (wenn nämlich eine Bleikugel gegen ein mit Pulver überzogenes hölzernes Pendel geschossen wird).

Glühende und glimmende Körper und Funken entzünden das Pulver leichter als eine Flamme, weil erstere eine stärkere Temperatur-Erhöhung an einer Stelle hervorbringen als letztere. Hält man eine Leuchtgasflamme dicht über eine kleine Probe Schwarzpulver, so vergehen erst einige Secunden, bis das Pulver sich entzündet, weil nämlich letzteres erst auf die Entzündungs-Temperatur sich erwärmen muß.

Schwamm entzündet das Pulver erst nach dem Verglimmen zu Kohle. Man kann Schießbaumwolle ruhig über Schwarzpulver abbrennen, ohne daß letzteres sich entzündet. Denn die Verbrennung der Schießwolle erfolgt zu plötzlich und ist zu rasch vorüber, als daß das darunter liegende Schießpulver Zeit hätte, sich bis zu seiner Entzündungs-Temperatur zu erwärmen.

In Wasserstoffgas erhitzt, entzündet sich das Pulver gar nicht, schwierig in Stickstoff, ziemlich leicht in Kohlensäure.

Digitized by Google

Bringt man Pulver unter den Recipienten einer Luftpumpe und setzt man, nachdem die Luft ausgepumpt ist, durch einen mittelst der galvanischen Batterie glühend gemachten Platindraht das Pulver einer höheren Temperatur aus, so explodirt das Pulver nicht, sondern verbrennt ohne Verpuffung.

Man kann sich diese merkwürdige Erscheinung dadurch erklären, daß die aus dem Pulver durch Erhitzen im Vacuum entweichenden Gase sich wegen Fehlens des Luftwiderstandes so rasch im luftleeren Raum vertheilen, daß durch diese plötzliche Ausdehnung eine Temperatur-Erniedrigung eintritt, welche das Pulver bis unter seine Entzündungs-Temperatur abkühlt.

Wird gekörntes Schwarzpulver ziemlich rasch erhitzt, so entzündet es sich zwischen 270 Grad und 320 Grad C., Mehlpulver bereits zwischen 265 Grad und 270 Grad C. Nach neueren Versuchen entzündet sich Pulver bei $315^5/_9$ Grad C. Man ermittelt die Entzündungstemperatur des Pulvers, indem man es in einer kleinen Schale auf ein Oelbad bringt, dessen Temperatur man durch ein eingesetztes Thermometer erfährt. Man erhitzt alsdann das Oelbad stetig und sieht zu, wie viele Grad das Thermometer im Augenblicke der Entzündung des Pulvers zeigt.

Wird die Temperatur des Schwarzpulvers nur allmählich über den Siedepunkt des Wasser erhöht, so fängt der Schwefel an zu schmelzen und die Pulverkörner backen zusammen. Dann beginnt die Verflüchtigung des Schwefels, und gebraucht man die Vorsicht, die Temperatur nicht bis zum Siedepunkt des Schwefels zu steigern, so kann aller Schwefel aus dem Pulver verjagt werden, ohne daß eine Verpuffung eintritt.

Der Funken der Elektrisirmaschine ist für sich nur dann im Stande, das Pulver zu entzünden, wenn die Entladung durch Einschaltung eines schlechten Leiters verzögert wird, was man bei Versuchen im Kleinen durch Einschaltung eines nassen Bindfadens in die Leitung erreicht.

Digitized by Google

Im Jahre 1838 wurde zum ersten Male (in Amerika) die galvanische Elektricität zum Entzünden des Pulvers angewendet.

Mit Vortheil verwendet man den Rhumkorff'schen Inductions-Apparat dann, wenn es sich um eine gleichzeitige Explosion verschiedener Minen von vielen Punkten aus handelt.

b) Die Verbrennungsproducte des Schwarzpulvers.

Bei Verbrennung des Schwarzpulvers bilden sich aus den drei Bestandtheilen desselben gasförmige und feste Verbrennungsproducte. Erstere bilden die Pulvergase, letztere den Pulverrauch und den Pulverrückstand.

Vor Entdeckung des Sauerstoffes (1774) und vor Erkenntniß des Wesens der Verbrennung, als eines Vorganges chemischer Vereinigung des Sauerstoffes mit dem brennenden Körper (das heißt vor dem Jahre 1789), konnte natürlich keine Rede davon sein, daß man über den bei der Verbrennung des Pulvers vor sich gehenden chemischen Proceß irgendwie richtige Vorstellungen hatte.

Zu Ende des vorigen Jahrhunderts erst wurde man sich darüber klar, daß die Wirkung des Schwarzpulvers aus der Verbindung der Kohle mit Sauerstoff hervorgehe. Aber erst der französische Chemiker Gay-Lussac untersuchte das Pulver chemisch nach seiner Entzündung. Derselbe ließ Pulver Korn für Korn in eine bis zur Rothgluth erhitzte Glasröhre fallen, an welcher eine Vorrichtung, um die Gase aufzufangen, angebracht war. Auf diese Weise erhielt er von einem Liter Jagdpulver, welches 900 Gr. wog, 238 Liter Kohlensäure, 22·50 Liter Kohlenoxyd und 189 Liter Stickstoff, zusammen 449·50 Liter.

Auch den festen Pulverrückstand untersuchte Gay-Lussac und fand in ihm schwefelsaures und kohlensaures Kalium neben Schwefelkalium.

Späterhin war lange Zeit die Ansicht geltend, daß bei der Verbrennung des Schwarzpulvers die Hauptzersetzungs-

Digitized by Google

Producte, die Gase, Kohlensäure und Stickstoff, sowie der feste Bestandtheil Schwefelkalium seien. Heutzutage wissen wir, daß sich eine derartige allgemein geltende und einfache Zersetzungsgleichung für die bei der Verbrennung des Pulvers stattfindenden Vorgänge überhaupt nicht aufstellen läßt. Wir wissen gegenwärtig, daß die bei der Verbrennung des Pulvers gebildeten Verbrennungsproducte höchst wahrscheinlich nicht direct aus der festen Pulvermasse entstanden sind, sondern aus einer Reihe mit blitzartiger Schnelligkeit hinter einander verlaufender chemischer Umsetzungen als letzte Endproducte hervorgingen. Ferner wissen wir jetzt, daß die chemische Zusammensetzung der Verbrennungsproducte eines und desselben Pulvers nicht verschieden ist, wenn die Explosion bei niederem oder hohem Druck vor sich ging. Es finden sich in beiden Fällen dieselben Gase und festen Verbrennungsproducte vor, und die procentische Menge dieser einzelnen Bestandtheile verändert sich nur bei wechselnder Zusammensetzung des Pulvers. Wir werden bei Besprechung der neuesten Arbeiten von Debus noch darauf zurückkommen.

Im Jahre 1857 unterzogen Bunsen und Schischkoff zum ersten Male die Verbrennungsproducte des Schießpulvers einer genauen und vollständigen chemischen Analyse.

Sie benützten zu ihren Versuchen ein Jagdpulver, welches folgende Zusammensetzung hatte:

Salpeter (KNO_3)		78·99
Schwefel (S)		9·84
Kohle	Kohlenstoff (C)	7·69
	Wasserstoff (H)	0·41
	Sauerstoff (O)	3·07
	Asche	Spuren
		100·00

Digitized by Google

Den Pulverrückstand fanden sie zusammengesetzt aus:

Schwefelsaurem Kalium (K_2SO_4) . .	56·62
Kohlensaurem Kalium (K_2CO_3) . .	27·02
Unterschwefligsaurem Kalium ($K_2S_2O_3$)	7·57
Schwefelkalium (K_2S_2)	1·06
Kaliumhydrat (KOH)	1·26
Schwefelcyankalium (KCNS) . . .	0·86
Salpeter (KNO_3)	5·19
Kohle (C)	0·97
	100·55

Mit dieser Untersuchung wurde der Irrthum berichtigt, daß im Pulverrückstand hauptsächlich Schwefelkalium enthalten sei. Denn Bunsen's Analyse bewies, daß die Hauptmenge des Pulverrückstandes aus schwefelsaurem und kohlensaurem Kalium bestehe.

Für den Pulverdampf fanden sie folgende Zusammensetzung:

Schwefelsaures Kalium (K_2SO_4) . .	65·29
Kohlensaures Kalium (K_2CO_3) . . .	23·48
Unterschwefligsaures Kalium ($K_2S_2O_3$)	4·90
Schwefelkalium (K_2S_2)	—
Kaliumhydrat (KOH)	1·33
Schwefelcyankalium (KCNS) . . .	0·55
Salpeter (KNO_3)	3·48
Kohle (C)	1·86
Kohlensaures Ammoniak ($(NH_4)_2CO_3$.	0·11
	100·00

Der Pulverrauch besitzt also im Wesentlichen dieselbe chemische Zusammensetzung wie der Pulverrückstand. Statt des fehlenden Schwefelkaliums enthält er kohlensaures Ammoniak.

Digitized by Google

Die Pulvergase bestanden aus:

Kohlensäure (CO_2)	52·67
Stickstoff (N)	41·12
Kohlenoxyd (CO)	3·88
Wasserstoff (H)	1·21
Schwefelwasserstoff (H_2S)	0·60
Sauerstoff (O)	0·52
	100·00

Demgemäß läßt sich (nach Bunsen und Schischkoff) die Umsetzung, welche das Schießpulver beim Abbrennen erleidet, durch folgendes Schema ausdrücken:

Digitized by Google

1 Gr. Pulver { Salpeter . . . 0·789; Schwefel . . . 0·098; Kohle { Kohlenstoff 0·076; Wasserstoff 0·004; Sauerstoff 0·030 } } giebt verbrannt

Rückstand 0·680

	Gramm
Schwefelsaures Kalium . .	0·422
Kohlensaures Kalium . .	0·126
Unterschwefligsaures Kalium .	0·032
Schwefelkalium	0·021
Schwefelcyankalium . . .	0·003
Salpeter	0·037
Kohle	0·007
Schwefel	0·001
Kohlensaures Ammoniak . .	0·028

Gase 0·314

0·944

	Gramm	Cubikcentimeter*)
Stickstoff . . .	0·0990 =	79·40
Kohlensäure . .	0·2010 =	101·71
Kohlenoxyd . .	0·0090 =	7·49
Wasserstoff . .	0·0002 =	2·34
Schwefelwasserstoff	0·0018 =	1·16
Sauerstoff . .	0·0014 =	1·00
		193·10

*) Die Gase sind kalt gemessen.

Digitized by Google

Die Verbrennungsproducte des Pulvers sind, nach Bunsen, ganz verschieden bei verschiedenem Druck. Durch die genauere Untersuchung von Pulverrückständen fand man, daß, wenn das Pulver unter schwachem Druck verbrennt, schwefelsaures Kalium zurückbleibt, während bei höherem Drucke durch die Reduction des schwefelsauren Kalium zu Schwefelkalium hauptsächlich letzteres gebildet wird. Man fand weiter, daß mit Vergrößerung der Ladung und Erhöhung des Druckes bei der Verbrennung auch eine größere Zersetzung des Pulvers erfolgt und daß der Rückstand bei höherem Druck zunimmt hinsichtlich seines Gehaltes an Schwefelkalium und kohlensaurem Kalium, und in gleicher Weise abnimmt an schwefelsaurem und unterschwefligsaurem Kalium.

Folgende Tabelle giebt über diese Verhältnisse Aufschluß:

In 100 Theilen Pulverrückstand waren:

	Blind geladen mit				Kanonenschuß mit 3 Pfund Ladung	
	0·75 Gramm		1·5 Gramm			
Schwefelsaures Kali	48·25	47·61	40·83	43·28	15·00	15·15
Kohlensaures Kali	23·44	24·13	30·96	31·90	37·00	36·20
Unterschwefligs. Kali	16·53	16·53	19·32	17·74	8·28	7·44
Schwefelkalium	0·97	0·54	2·49	1·67	38·18	39·55
Salpeter	5·81	5·66	2·79	1·73	—	—
Schwefelcyankalium	0·54	0·54	0·56	0·56	0·33	0·33
Schwefel	0·38	4·49	3·05	0·22	0·09	0·09
Kohle	4·08			2·90	—	1·02
Sand	—	—	—	—	0·82	0·22

Diese für die Kenntniß der chemischen Zersetzung des Pulvers bei der Verbrennung höchst wichtigen Untersuchungen sind von Fedorow ausgeführt worden. Zu ganz denselben Resultaten gelangten Noble und Abel, welche Pulver unter verschiedenen Spannungsbedingungen

Digitized by Google

abbrannten. Auch sie fanden, daß mit erhöhtem Druck der Pulverrückstand mehr kohlensaures Kalium und Schwefelkalium enthält und weniger schwefelsaures und unterschwefligsaures Kalium. Sie fanden ferner, daß die Menge des beim Verbrennen des Pulvers gebildeten Kohlenoxydgases viel beträchtlicher ist, als man bisher annahm. Nach ihnen ist es ferner wahrscheinlich, daß im Explosionsmoment bedeutende Mengen von Schwefelkalium gebildet werden, die aber durch den frei werdenden Sauerstoff zu unterschwefligsaurem und schwefelsaurem Kalium oxydirt werden.

Wir theilen nun ihre Analysenresultate mit:

Explosionsspannung in Tonnen pro Quadratzoll.	1·6	35·6
Gewicht der festen Producte Procent . .	51·22	57·14
Gewicht der gasförmigen Producte . . .	42·78	42·86

A. Feste Producte.

In Gewichtsprocenten:

Kohlensaures Kalium	52·56	65·71
Schwefelsaures Kalium	20·47	8·52
Unterschwefligsaures Kalium	20·37	8·59
Schwefelkalium	4·02	7·23
Schwefelcyankalium	Spur	0·36
Salpeter	0·56	0·19
Kaliumhydrat	—	—
Anderthalbfach kohlensaures Ammoniak .	0·06	0·18
Schwefel	1·25	9 22
Kohle	0·71	—
	100·00	100·00

Digitized by Google

B. Gasförmige Producte.

In Volumprocenten:

Kohlensäure	48·99	41·79
Kohlenoxydgas	8·98	8·32
Stickstoff	35·60	34·64
Schwefelwasserstoff	4·06	2·61
Sumpfgas	0·29	0·41
Wasserstoff	2·07	2·04
Sauerstoff	—	0·18
	100·00	100·00

Großes Interesse besitzen auch die Untersuchungen über die chemische Theorie des Schießpulvers, welche im Jahre 1881 von H. Debus vorgenommen wurden, und welche sehr viel Licht über die durch Bunsen und Schischkoff durchaus noch nicht vollständig aufgeklärten Vorgänge bei der Verbrennung des Pulvers, welche im Vorstehenden besprochen wurden, zu verbreiten vermögen. Die mittlere Zusammensetzung des Pulvers von Waltham Abbey läßt sich durch die Symbole $16\,KNO_3 + 21{\cdot}1\,C + 6{\cdot}63\,S$ darstellen, und ein derart zusammengesetztes Pulver verbrennt im Noble-Abel'schen Apparate (einem dicht verschließbaren stählernen Cylinder) nach der Gleichung:

$$16KNO_3 + 21C + 5S = 5K_2CO_3 + K_2SO_4 + 2K_2S_2 + \\ + 13CO_2 + 3CO + 8N_2.$$

Der Rest des Schwefels, 1·63 Atome, verbindet sich theilweise mit dem Wasserstoffe der Kohle, theilweise mit dem Eisen des Apparates. Die gebräuchlichen Jagdpulver enthalten auf 16 Molecüle Salpeter 13 bis 22 Atome Kohlenstoff (C) und 6 bis 8·4 Atome Schwefel (S). Ein aus Salpeter, reinem Kohlenstoff und Schwefel zusammengesetztes Pulver liefert nach vollständiger Verbrennung kohlensaures Kalium (K_2CO_3), schwefelsaures Kalium (K_2SO_4), Zweifach-Schwefelkalium (K_2S_2), Kohlensäure (CO_2), Kohlenoxyd (CO) und Stickstoff (N) als Ver-

Digitized by Google

brennungsproducte. Auch Debus fand, daß eine Erhöhung des Druckes während der Verbrennung die Menge des Kohlenoxydes zu verringern scheint, desgleichen die des schwefelsauren Kaliums; an kohlensaurem Kalium, Zweifach-Schwefelkalium und Kohlensäure wird dagegen mehr producirt. Diese Schwankungen in der Zusammensetzung der Verbrennungsproducte sind jedoch unbedeutend, einer Abnahme von 0·5 Moleculen CO entspricht eine solche von 0·143 K_2SO_4 und eine Zunahme von 0·071 Moleculen K_2CO_3, sowie eine Vermehrung des K_2S_2 um 0·071 und der CO_2 um 0·428 Molecule. Wahrscheinlich werden jedoch diese Schwankungen nicht durch den höheren Druck, sondern vielmehr durch die damit verbundene langsamere Abkühlung bedingt.

Debus unterscheidet nun ferner bei der Verbrennung des Pulvers zwei verschiedene, nacheinander verlaufende Processe, und zwar erstens einen Oxydationsproceß, bei welchem schwefelsaures und kohlensaures Kalium, Kohlensäure und Stickstoff, vielleicht auch ein Theil des Kohlenoxydes, jedoch kein Schwefelkalium gebildet wird, und zweitens einen Reductionsproceß, während dessen frei gebliebener Kohlenstoff reducirend auf das im ersten Processe entstehende schwefelsaure Kalium und freier Schwefel zersetzend auf das kohlensaure Kalium einwirkt. Auch das Zweifach-Schwefelkalium (K_2S_2) wird während dieses zweiten Processes gebildet.

Das erste Stadium der Verbrennung, die eigentliche Explosion des Pulvers, findet selbst bei Schießpulvern von sehr verschiedener Zusammensetzung nach der Gleichung

$$10\,KNO_3 + 8\,C + 3\,S = 2\,K_2CO_3 + 3\,K_2SO_4 + 6\,CO_2 + 5\,N_2 \quad \ldots\ldots\ldots \text{a}$$

statt. Da es jedoch wahrscheinlich ist, daß sich gleichzeitig auch Kohlenoxyd bildet, so wird wohl richtiger der Verbrennungsproceß des Pulvers durch folgende Gleichung ausgedrückt:

$$16\,KNO_3 + 13\,C + 5\,S = 3\,K_2CO_3 + 5\,K_2SO_4 + 9\,CO_2 + CO + 8 + N_2 \quad \ldots\ldots \text{b}$$

Digitized by Google

Das Verhältniß des Sauerstoffes im kohlensaurem Kalium zu dem im schwefelsaurem Kalium und der Kohlensäure, wie es nach der Reactionsgleichung a besteht, ist das einfachste Sauerstoffverhältniß, welches durch Verbrennung einer Mischung von Salpeter, Kohlenstoff und Schwefel zu schwefelsaurem und kohlensaurem Kalium, Kohlensäure und Stickstoff gebildet werden kann. Die Gleichung a stellt somit die einfachste mögliche Vertheilung des im Salpeter ursprünglich vorhandenen Sauerstoffes auf die genannten Verbrennungsproducte dar. Da nun die molecularen Verhältnisse der Verbrennungsproducte mit Gleichung b jenen nach Gleichung a sehr nahe liegen, so folgt, daß das Sauerstoffverhältniß der Verbrennungsproducte nach Gleichung b dem einfachsten möglichen nahezu vollkommen entspricht. Erfolgt die Verbrennung nach Gleichung b, also ohne Bildung von Schwefelkalium, so ist die Wärmeentwickelung die größtmögliche, welche eine Mischung von Salpeter, Kohlenstoff und Schwefel unter der Bedingung hervorbringen kann, daß die Bildungswärme von Kohlensäure, schwefelsaurem und kohlensaurem Kalium in einem nach Möglichkeit einfachen Verhältnisse zu einander stehen. Dieses Verhältniß der Bildungswärme ist:

$$3\,K_2CO_3 : 5\,K_2SO_4 : 9\,CO_2 = 1 : 2{\cdot}05 : 1{\cdot}04.$$

Die erwähnten Beziehungen der Wärmeentwickelung und Sauerstoffvertheilung bedingen möglicherweise die größere Brennbarkeit der Mischung

$$16\,KNO_3 + 13\,C + 5\,S$$

und veranlassen demnach, daß die Bestandtheile verschieden zusammengesetzter Pulversorten im ersten Stadium der Verbrennung im Verhältnisse dieser Mischung, nach Gleichung b verbrennen.

Die gebräuchlichen Pulversorten enthalten aber mehr Kohlenstoff und Schwefel, als diese Gleichung b verlangt. Dieser Mehrbetrag an Kohlenstoff und Schwefel bleibt am Ende des ersten Actes der Verbrennung übrig. Der Kohlen-

Digitized by Google

stoff wirkt nun auf das schwefelsaure Kalium nach der Gleichung:

$$4\,K_2SO_4 + 7\,C = 2\,K_2CO_3 + 2\,K_2S_2 + 5\,CO_2.$$

Der Schwefel auf das kohlensaure Kalium nach:

$$4\,K_2CO_3 + 7\,S = K_2SO_4 + 3\,K_2S_2 + 4\,CO_2$$

und beide vereinigt bilden das zweite Stadium der Verbrennung des Pulvers. Diese Reactionen sind endothermisch, d. h. es wird nicht Wärme entwickelt, sondern verbraucht, sie sind nicht explosiver Natur, sondern verlaufen verhältnißmäßig langsam, so daß sie in Wirklichkeit wohl selten zum Abschlusse kommen. Die Reactionen während des zweiten Stadiums der Verbrennung dagegen setzen einen Theil des Wärmevorrathes der festen Producte K_2CO_3 und K_2SO_4 in Gasdruck um.

Eine Mischung von

$$16\,KNO_3 + 8\,C + 8\,S$$

entwickelt von allen möglichen Mischungen, welche 16 Molecule Salpeter enthalten, und geradeauf zu K_2SO_4, K_2CO_3, K_2S_2, CO_2 und N_2, oder nur zu dreien oder vieren dieser Producte verbrennen können, die größte Wärme- und die kleinste Gasmenge, eine Mischung von

$$16\,KNO_3 + 24\,C + 16\,S$$

dagegen die kleinste Wärme- und die größte Gasmenge.

Weitere Untersuchungen, welche Debus in der gleichen Richtung unternahm, und im Jahre 1890 veröffentlichte, ergaben noch folgende Thatsachen. Die quantitative Zusammensetzung des Schießpulvers ist innerhalb gewisser Grenzen veränderlich. Der Sauerstoff der Kohle wird während der Verbrennung des Jagd- und Militärpulvers in Verbindung mit Wasserstoff als Wasser abgeschieden. Die chemische Theorie des Schießpulvers berücksichtigt nur die Reactionen zwischen Salpeter, reinem Kohlenstoff und Schwefel. Enthält aber ein Pulver einen Ueberschuß an Kohlenstoff, d. h.

Digitized by Google

mehr als auf Kosten des im Salpeter enthaltenen Sauerstoffes verbrennen kann, so zerlegt derselbe die Feuchtigkeit der Kohle, und das von dem Wasserstoff und Sauerstoff des letzteren gebildete Wasser. Die Pulvergase werden dann verhältnißmäßig reich an Kohlenoxyd, Wasserstoff und Schwefelwasserstoff.

Nach den übereinstimmenden Resultaten der besten Arbeiten bestehen die Verbrennungsproducte des Jagd- und Militärpulvers aus Kaliumcarbonat, Kaliumsulfat, Kaliumsulfid, Kohlensäure, Kohlenoxyd und Stickstoff. Die relativen Mengen dieser Verbrennungsproducte sind nur von der Zusammensetzung des Pulvers, und nicht von dem, während der Verbrennung herrschenden Drucke abhängig. — Die Entstehung des Kohlenoxydes, welches nur in einer verhältnißmäßig geringen Menge gebildet wird, kann man sich durch eine secundäre Reaction, durch Reduction der Kohlensäure durch Kohlenstoff oder Schwefelkalium erklären, und demgemäß als ein Nebenproduct betrachten.

Die Bildung der Hauptproducte bei der Verbrennung des Pulvers läßt sich dann durch folgende drei einfache Reactionen ausdrücken:

$$4KNO_3 + 5C = 2K_2CO_3 + 3CO_2 + 2N_2$$
$$2KNO_3 + C + S = K_2SO_4 + CO_2 + N_2$$
$$2KNO_3 + 3C + 2S = K_2S_2 + 3CO_2 + N_2$$

Auch das später zu besprechende braune Pulver, welches an Stelle der Holzkohle eine dem Lignite ähnliche Substanz (gewöhnlich theilweise verkohltes Stroh) enthält, verbrennt ganz nach der Art des gewöhnlichen Schießpulvers.

c) Die Verbrennungsgeschwindigkeit.

Wir erwähnten bereits, daß dieselbe genau im umgekehrten Verhältnisse zum specifischen Gewichte steht. Deshalb brennt abgerundetes Pulver, weil es dichter ist, langsamer ab als nicht abgerundetes. Feuchtes Pulver verbrennt langsamer als trockenes, gekörntes rascher als ungekörntes, rundes langsamer als eckiges.

Digitized by Google

Je größer die Pulverladung und der zu überwindende Widerstand, desto größer ist auch die Verbrennungsgeschwindigkeit des Pulvers.

d) Die Verbrennungswärme und absolute Verbrennungstemperatur.

Jede Verbrennung, also auch die des Pulvers, ist eine Vereinigung chemischer Elemente mit dem Sauerstoff der Luft. Diese chemische Vereinigung ist aber von Wärme-Entwickelung begleitet. Je rascher die Verbrennung, desto größer die Erwärmung. Deshalb haben wir es auch bei dem so rasch, fast momentan verbrennenden Schwarzpulver mit sehr beträchtlichen Temperaturen zu thun, die bei seiner Verbrennung entstehen.

Die in dem Augenblicke der Explosion des Pulvers stattfindende Temperatur sind wir bis jetzt aus Mangel an geeigneten Apparaten nicht im Stande zu messen. Diese Temperatur kann deshalb nur berechnet werden. Aber auch diese Berechnungen stimmen unter einander wenig überein.

Bunsen berechnete für die Verbrennung von Jagdpulver in freier Luft eine Temperatur von 2993 Grad C. und für die Verbrennung desselben Pulvers im geschlossenen Raume eine Temperatur von 3340 Grad C.

Wir können wohl annehmen, daß die absoluten Verbrennungstemperaturen der verschiedenen Pulversorten etwa zwischen 3000 Grad und 5000 Grad C. liegen. Die von Anderen berechneten Verbrennungstemperaturen von 7000 Grad, ja 9000 Grad C. sind entschieden zu hoch.

Um die bei der Verbrennung des Pulvers entwickelten Wärmequantitäten (Calorien) zu messen, hat man folgenden Apparat in Anwendung gebracht.

Eine cylindrische, gußeiserne Bombe von 6 Mm. Wandstärke und einem inneren Rauminhalt von 270 bis 280 Cbcm. ist durch einen geränderten, bronzenen Schraubenstöpsel geschlossen. Durch diesen Stöpsel geht ein isolirter Draht, mittelst dessen ein im Inneren angeordneter dünner Draht

Digitized by Google

durch den galvanischen Strom ins Glühen gebracht und auf diese Weise die Substanz entzündet wird.

Die Bombe ist in ein kupfernes Gefäß von 0·14 Meter Durchmesser und 0·16 Meter Höhe eingetaucht, welches 1·83 Kgr. Wasser enthält. Die Temperatur des Bades kann durch ein sehr empfindliches Thermometer auf $^1/_{100}$ Grad bestimmt werden. Um die entwickelte Wärme zu erfahren, wird das Bad zunächst auf die Temperatur der Umgebung gebracht, das Pulver entzündet und die Temperaturerhöhung im umgerührten Wasser bestimmt.

Es sei diese Temperaturveränderung des Wassers $= \Delta$ und P das Totalgewicht des Calorimeters (Gefäß, Bombe nebst Bronzestöpsel und Wasser), so ist die entwickelte Wärme Δ P.

Ein Beispiel wird dies erläutern:

8 Gr. Jagdpulver dienten als Bombenfüllung.

Es wog:

Kupfernes Gefäß . . .	0·0838	Kgr.
Bronzestöpsel	0·0299	»
Gußeiserne Bombe . . .	0·1529	»
Wasser	1·8300	»
Totalgewicht P =	2·0966	Kgr.

Die beobachtete Temperaturerhöhung war: $\Delta = 3·07$ Grad. Folglich ist die durch 8 Gr. Pulver entwickelte Wärme Δ P = 6·4366 und die durch 1 Kgr. entwickelte Wärme = 804·4 Calorien.

Dieser Apparat ist in Frankreich zuerst angewendet worden und die betreffenden Chemiker haben zugleich neben der Bestimmung der Calorien und der absoluten Verbrennungstemperaturen der einzelnen Pulversorten auch die entwickelten Gase, sowie den Druck und das geleistete Arbeitsmaximum der Gase ermittelt.

Digitized by Google

Wir theilen nachfolgend die betreffenden Resultate mit:

1. Pulvergattung	2. Calorien	3. Grade Celsius	4. Liter	5. Atmosphären	6. Metertonnen
Feines Jagdpulver . . .	807·3	4654	234	3989	373
Geschützpulver	752·9	4360	261	4168	349
Gewehrpulver	730·8	4231	280	4339	339
Auswärtiges Handelspulver	694·2	4042	281	4160	324
Gewöhnliches Sprengpulver	570·2	3372	307	4792	270

Nr. 3 enthält die absoluten Verbrennungstemperaturen, Nr. 4 die Volumina der von 1 Kgr. Pulver gelieferten (auf 0 Grad C. und 760 Mm. Barometerdruck reducirten) Gase. In Nr. 5 finden wir angegeben die Drucke der aus 1 Kgr. Pulver entwickelten Gase; Nr. 6 giebt das Arbeitsmaximum an, welches durch die Expansion der aus 1 Kgr. Pulver entwickelten Gase hervorgebracht wird.

e) Gasspannung und Triebkraft des Pulvers.

Wir haben bereits wiederholt gesehen, daß die treibende Kraft des Schießpulvers hervorgerufen wird durch die große Menge von Gasen, welche sich plötzlich aus einem geringen Volumen Pulver entwickeln.

Wenn wir 5 Gr. Pulver verbrennen, die gebildeten Pulvergase in besonderen Apparaten, wie sie dem Chemiker zur Verfügung stehen, auffangen und nach ihrem Erkalten messen würden, so kämen wir zu dem überraschenden Resultat, das sich aus dieser kleinen Menge Pulver beinahe 1 Liter Gase gebildet haben.

Die Menge von Gasen jedoch, welche sich beim praktischen Gebrauch des Pulvers als Schieß- und Sprengpulver im Rohr der Geschütze und Handfeuerwaffen oder in den Bohrlöchern der Gesteine aus 5 Gr. Pulver bildet,

Digitized by Google

ist noch eine weit beträchtlichere. Denn wir wissen bereits, daß die Gase sich, wenn sie um einen Grad erwärmt werden, um $^1/_{273}$ des ganzen von ihnen eingenommenen Raumes ausdehnen. Es werden demnach 273 Liter Pulvergase bei einer Erwärmung um 273 Grad C. ihr Volum gerade verdoppeln. Erinnern wir uns nun, daß bei der Explosion des Schießpulvers im Rohr der Geschütze die Verbrennungs-Temperatur des Pulvers circa 4000 Grad C. beträgt, so können wir ermessen, welch gewaltige Ausdehnung die aus dem Pulver gebildeten Gase noch weiterhin dadurch erfahren, daß sie um 4000 Grad C. erwärmt werden. 1 Liter Gas, welches wir aus 5 Gr. Pulver erhalten, wird, wenn es auf 4000 Grad C. erwärmt worden ist, nicht weniger als um $14^1/_2$ Liter sich ausgedehnt haben. Demgemäß erhalten wir aus 5 Gr. Pulver die gewaltige Menge von $15^1/_2$ Liter Gas im Moment der Explosion des Pulvers im Rohr.

Diese Gase suchen sich mit aller Gewalt einen Ausweg, und da sich ringsum den gewaltigen Druck aushaltende starke Wände befinden, so wirken sie mit ganzer Kraft auf den einzigen beweglichen Theil der Wand, das Geschoß. Das Geschoß seinerseits jedoch leistet in Folge seines Beharrungsvermögens im ersten Augenblick einen Widerstand und die auf diese Weise in ihrer Ausdehnung momentan gehinderten Gase nehmen eine gewisse Spannung an. Sowie letztere stärker geworden als der Widerstand, den das Geschoß der Bewegung entgegensetzt, wird das Geschoß mit unwiderstehlicher Gewalt zunächst in die Züge des Rohres hineingedrückt und hierauf aus letzterem herausgetrieben.

Die treibende Kraft des Pulvers hängt ab von der Verkohlungstemperatur der Kohle, von der Stärke, mit welcher das Pulver gepreßt wurde, sowie von der Größe der Pulverkörner.

Die Gasspannung, welche bei der Verbrennung des Pulvers im geschlossenen Raum erzeugt wird, ist von Bunsen für das Jagdpulver zu 4373 Atmosphären, entsprechend einer Arbeit von 6740 Meter-Kilogrammen berechnet

Digitized by Google

worden. Der größte in einer Kanone beobachtete Druck*) war beinahe 6700 Atmosphären, während in einer starken Bombe sogar eine Spannung von über 12.000 Atmosphären gefunden wurde. Jedoch machen diese Zahlen bei der Unvollkommenheit der älteren Apparate zur Messung der Gasspannung in den Geschützrohren keinen Anspruch auf große Genauigkeit. In Wirklichkeit werden die Spannungen etwas geringer sein, da das sogenannte Rodmann'sche Manometer, mit welchem obige Zahlen erhalten wurden, nachweisbar zu hohe Resultate ergiebt.

Die treibende Kraft des Pulvers, wie aller Explosivstoffe, wird durch gewisse Proben, welche wir an späterer Stelle besprechen werden, ermittelt.

f) Schädlichkeit der Pulvergase.

Die Pulvergase, welche wir als variable Gemenge verschiedener Gasarten, Dämpfe und in feiner Vertheilung vorhandener fester Substanz kennen lernten, können, in geschlossenen Räumen eingeathmet, wie z. B. in Bergwerken, eine Krankheit von bestimmter Form, die sogenannte Minenkrankheit hervorbringen, zu deren Erzeugung das in den Pulvergasen vorhandene Kohlenoxyd das meiste beiträgt.

*) Zur Messung dieses Druckes benützt man in neuerer Zeit das Rodmann'sche Manometer oder (besser) den Noble'schen Gasdruckmesser. Im ersteren Falle wird der Apparat in ein in die Geschützwandung gebohrtes Loch eingeschraubt und die Pulvergase wirken auf einen Kolben, der einen Stahlmeißel mehr oder weniger tief in eine im Manometer befindliche Kupferplatte eintreibt. Der entstandene Schnitt wird verglichen mit einer Scala von Schnittlängen, welche man mit einem Meißel von gleicher Härte auf einer Kupferplatte mit Hilfe einer hydraulischen Presse hervorgebracht hat. Beim Noble'schen Gasdruckmesser, welcher ebenfalls in die Wandung des Geschützrohres eingeschraubt wird, drücken die Gase auf die untere Fläche eines Kolbens und quetschen einen Cylinder gegen einen Amboß. Vorher hat man ähnliche Kupfercylinder mit einer Quetschmaschine verschieden stark zusammengepreßt und entwirft alsdann eine Tabelle, mit deren Hilfe man aus dem Grade der Zusammenquetschung des Kupfercylinders im Gasdruckmesser den im Geschütze stattgehabten Druck berechnet.

Digitized by Google

Diese Krankheit wird angekündigt durch Schmerz in der Stirngegend, Betäubung, Brausen in den Ohren, Verlust des Bewußtseins und in Sensibilität, zuweilen einem Krampfanfalle, welche schließlich in Lähmungserscheinungen übergehen, während die Athmung röchelnd und die Haut kühl wird und ein Zustand der Exaltation, selbst der Tobsucht eintritt. Sobald sich die geschilderten Symptome einstellen, ist für eine rasche Wiederherstellung der Respiration Sorge zu tragen, um das vom Blute aufgenommene Kohlenoxydgas auszutreiben, insbesondere sind Sauerstoffinhalationen von großer Wirksamkeit. Daneben sind äußere Reizmittel, wie kalte Abwaschungen, Bürsten, Frottiren ꝛc. anzuwenden. Doch können als Folge derartiger Vergiftungen immer noch Lähmungen einzelner Glieder, der Sprache, der Harnorgane, sowie auch empfindliche Störungen des Respirationsapparates hinterbleiben. Nach jeder Sprengung ist daher stets, soferne der vorhandene Luftzug nicht kräftig genug ist, für entsprechende Ventilation der Minen zu sorgen.

Schwarzpulverähnliche explosive Mischungen.

Man kann diese zahlreiche, aber weniger wichtige Classe von explosiven Stoffen eintheilen in Mischungen, welche dieselben Bestandtheile wie das Schießpulver, jedoch in abgeänderten Gewichtsverhältnissen enthalten, und in solche, welche den Kalisalpeter oder die Holzkohle des gewöhnlichen Pulvers ganz oder theilweise durch einen anderen Stoff ersetzt haben.

Der Kalisalpeter kann im Schießpulver ganz oder theilweise ersetzt werden durch Natronsalpeter (Chilisalpeter),

Digitized by Google

Barytsalpeter (Baryumnitrat) oder durch chlorsaures (seltener überchlorsaures) Kalium.

Für die Holzkohle giebt es eine Menge Surrogate, meist kohlenstoffreiche organische Stoffe, deren Zusatz zur Pulvermischung den Hauptzweck hat, die Entzündlichkeit des Pulvers zu vermindern und seine Verbrennung zu verlangsamen. Wir führen von diesen Surrogaten hier an: Sägespäne, Lohe, Kleie; Steinkohle, Coaks; Humuskörper, wie huminsaures Ammonium, Gerbsäure, Catechu; Zucker, gelbes und rothes Blutlaugensalz, Weinstein, Seignettesalz. Als Bindemittel hat man Dextrin, Leim, Gummi, Stärkekleister, Syrup u. s. w. angewendet.

Diejenigen schwarzpulverähnlichen Mischungen, in welchen der Kalisalpeter theilweise oder ganz durch oben genannte Stoffe ersetzt ist, enthalten auch in der Regel ein Surrogat für die Holzkohle. Wir werden demnach die Pulvermischungen mit Surrogaten für Holzkohle nicht gut getrennt besprechen können von den explosiven Mischungen mit Ersatz für den Kalisalpeter.

1. Explosive Mischungen, welche die Bestandtheile des Schwarzpulvers in abgeänderten Gewichtsverhältnissen enthalten.

Derartige Mischungen sollen in der Regel einen doppelten Zweck verfolgen, sie sollen bei größerer Wirkung billiger sein als das gewöhnliche Pulver.

Wir sahen schon früher, daß zu diesen in den Gewichtsverhältnissen der einzelnen Bestandtheile von der Zusammensetzung des Schwarzpulvers abweichenden explosiven Mischungen auch das gewöhnliche Sprengpulver gehört. Zur besseren Vergleichung sei hier nochmals die Zusammensetzung von Militärpulver und Sprengpulver neben einander angeführt. Das österreichische Militärpulver enthielt 75·5 Salpeter, 10 Schwefel und 14·5 Kohle, ein in Oesterreich ange-

Digitized by Google

wendetes Sprengpulver dagegen besteht aus 60·25 Salpeter, 21·30 Schwefel und 18·45 Kohle.

Nächst dem Sprengpulver haben wir als eine vom gewöhnlichen Schießpulver in ihrer Zusammensetzung beträchtlich abweichende explosive Mischung das braune Pulver zu bezeichnen.

Das braune Pulver wurde zu Beginn der Achtziger-Jahre von deutschen Privat-Pulverfabriken eingeführt, es bildete eine ganz erhebliche Verbesserung des alten Schwarzpulvers, indem es die Leistungsfähigkeit der Geschütze, insbesondere jener schwersten Kalibers, wesentlich zu steigern gestattete, da größere Ladungen zur Anwendung gelangen könnten. Auch der Rauch, welchen es entwickelte, war dünner und flüchtiger, als jener des Schwarzpulvers, so daß es füglich als Vorläufer des rauchschwachen Schießpulvers angesehen werden kann. In Folge seiner sonstigen verschiedenen guten Eigenschaften gelangte es in fast allen Armeen und Marinen zur Einführung. Die Dosirung desselben weicht von jener des gewöhnlichen Schwarzpulvers ab, indem es 79 Theile Salpeter, 3 Theile Schwefel und 18 Theile Kohle enthält. Ferner findet zu seiner Bereitung an Stelle der Holzkohle leicht angekohltes Stroh Verwendung. In der Regel wird es in Form des »prismatischen Pulvers« verwendet, das specifische Gewicht ist sehr hoch und beträgt über 1·8. Seiner chocoladenbraunen Farbe wegen wird es manchmal auch als »Chocoladen-« oder »Cacaopulver« bezeichnet.

Neumeyer's Pulver. Dasselbe wurde von dem Steinbruchs-Betriebsführer G. A. Neumeyer in Taucha bei Leipzig erfunden. Es besteht aus 75 Salpeter, 18·75 Kohle und 6·25 Schwefel. Es ist also eine Pulvermischung, welche reicher an Kohle und ärmer an Schwefel ist als das gewöhnliche Schießpulver. Später wählte Neumeyer das Verhältniß von 72 Salpeter, 18 Kohle und 10 Schwefelblumen.

Zur Bereitung dieses Pulvers werden Salpeter, Kohle und Schwefelblumen in genannten Gewichtsverhältnissen in

Digitized by Google

einem Cylinder von Holz oder Kupfer nach Zusatz von etwa 40 Procent Wasser durch eine Welle mit radialen Armen eine Viertelstunde lang gemengt. Das alsdann getrocknete Pulver kann ohneweiters gebraucht werden.

Die Vorzüge welche das Neumeyer'sche Pulver dem gewöhnlichen Schwarzpulver gegenüber besitzt, bestehen in folgenden Eigenschaften. Es verbrennt, aber explodirt nicht bei Zutritt der Luft und gestattet gefahrlosen Transport. Es kann durch Stoß und Druck nicht zur Entzündung gebracht werden. Es explodirt nur im geschlossenen Raume. Bei im Vergleiche zum gewöhnlichen Schwarzpulver höherer Wirkung hinterläßt es weniger Rückstand und Pulverrauch als dieses. Endlich ist es auch billiger als Schwarzpulver.

Mit dem Neumeyer'schen Pulver wurden seinerzeit mehrfach Sprengversuche bei Staßfurt, Taucha, im Mansfeldischen, sowie in englischen Schiefer- und Granitbrüchen angestellt. Dieselben fielen ebenso zufriedenstellend aus als die von dem Artilleriehauptmanne Heß und zu Le Bouchet mit ihm angestellten Schießversuche, welche ergaben, daß die dem Projectil ertheilte Anfangsgeschwindigkeit eine größere ist als bei Anwendung von Geschützpulver.

In Folge dieser günstigen Resultate sahen Einige bereits im Geiste das gewöhnliche Schwarzpulver durch das Neumeyer'sche Pulver verdrängt. Indessen haben sich diese und auch noch weniger sanguinische Hoffnungen, die man in die neue Pulvermischung setzte, nicht erfüllt. Eine ähnliche Zusammensetzung besitzt das Pulver von Champy, es enthält 76·3 Salpeter, 18·9 Kohle und 4·8 Schwefel.

Bennet's Pulver ist gewöhnliches Pulver, welchem zur Erhöhung seiner Festigkeit Kalk, Gyps oder guter Cement beigemischt wird. Eine derartige Mischung besteht z. B. aus 65 Theilen Salpeter, 18 Theilen Kohle, 10 Theilen Schwefel und 7 Theilen Kalk. Selbstverständlich hinterlassen derartige Gemenge nach dem Abbrennen eine bedeutende Menge unverbrennlichen Rückstandes.

Der Petralith von A. Prohaska besteht aus Kaliumsalpeter, Schwefel, Holzmehl und Coakspulver.

Digitized by Google

Janit von A. Jahn enthält: 70 Kaliumsalpeter, 12 Schwefel, 18 Lignitkohle, 0·4 Pikrinsäure, 0·4 chlorsaures Kalium und 0·3 entwässerte (geglühte) Soda.

Carbazotine, in England Safety blasting powder genannt, von Raymond Cahuc enthält, 64 Kaliumsalpeter, 12 Schwefel, 7 Ruß, 17 Gerberlohe oder Sägemehl, 1 bis 5 Eisenvitriol.

Fortis Pulver ist ähnlich zusammengesetzt.

Amidogène von J. Gemperle: 73 Kaliumsalpeter 8 Holzkohle, 8 Kleie oder Stärke, 10 Schwefel 1 Bittersalz.

Die drei letztgenannten Pulvermischungen werden nach den schon erwähnten Verfahren auf nassem Wege gemischt. Hierdurch wird wohl die Herstellung billiger, doch erzielt man niemals eine vollkommen gleichmäßige Mischung.

2. Explosivkörper mit Ersatzstoffen für den Kalisalpeter.

a) Explosive Mischungen, in welchen der Kalisalpeter durch Natronsalpeter ersetzt ist.

Der Natronsalpeter (Peru-, Chilisalper) hat zwei Vorzüge vor dem Kalisalpeter, er ist billiger als dieser und besitzt in derselben Gewichtsmenge mehr wirkende Kraft, das heißt mehr Sauerstoff.*) Dagegen hat er den großen Nachtheil, daß er Feuchtigkeit aus der Luft anzieht.

Um das Feuchtwerden des Natronsalpeters zu verhindern, setzt man solchen Pulversorten, die dieses Salz enthalten, zuweilen 10—18 Procent entwässertes schwefelsaures Natron (oder schwefelsaure Magnesia) hinzu.

Wir führen nunmehr die hauptsächlichsten hierher gehörigen Pulversorten an, und zwar zuerst diejenigen, welche Kali- und Natronsalpeter zugleich, und dann diejenigen, welche nur Natronsalpeter enthalten.

*) Es ist dies eine Folge des im Vergleich zum Kalium geringeren Atomgewichtes des Natriums.

Digitized by Google

Der Pyrolithe humanitair von Terré und Mercador besteht aus 51·5 Kalisalpeter, 16 Natronsalpeter, 20 Schwefelblumen, 11 Sägemehl und 1·5 Kohlenstaub.

Der Pudrolith besteht aus 68 Kalisalpeter, 3 Natronsalpeter, 3 Barytsalpeter, 6 Holzkohle, 5 Sägemehl, 3 gebrauchter Lohe und 12 Schwefel.

Eaton's Pulver brennt sehr langsam ab und dient im vorderen Theile der Geschütze zum Entzünden der Cartousche, die hintere Partie explodirt rasch und enthält neben Kalisalpeter auch Natronsalpeter. Es zeichnet sich durch die grobe Körnung aus.

Roboudi's Sprengpulver (brise rocs) enthält 40·00 Kalisalpeter, 20·00 Natronsalpeter, 15·00 Schwefel, 1·00 Steinsalz (?), 5·00 Steinkohle, 15·00 Gerberlohe, Sägemehl ꝛc.

Schwarz »nicht explodirbares« Sprengpulver besteht aus:

	Aelteres	Neueres
Kalisalpeter	48·6	55·22
Natronsalpeter	26·5	18·33
Schwefel	9·2	9·68
Kohle	14·7	14·14
Feuchtigkeit	1·0	1·78

Diorrexin von W. Pancera enthält: 42·78 Kaliumnitrat, 23·16 Natriumnitrat, 13·40 Schwefel, 7·49 Holzkohle, 10·97 Buchensägespäne, 1·65 Pikrinsäure und 0·55 Wasser.

Haloxylin der Gebr. Fehleisen in Arad besteht aus: 75 Natronsalpeter, 15 Sägespänen, 8·33 Holzkohle, 1·66 rothem Blutlaugensalz, enthält aber keinen Schwefel.

Sprengpulver von Schäffer & Budenberg. Dasselbe enthält 30—38 Kalisalpeter, 40 Natronsalpeter, 8 bis 12 Schwefel, 7—8 Holzkohle, 3—4 Steinkohlenklein und 4—6 Seignettesalz. Die neuere Zusammensetzung dieses Pulvers ist: 78 Kalisalpeter, 8 Schwefel, 10 Holzkohle, 4 Seignettesalz.

Digitized by Google

Matteen's Sprengpulver ist zusammengesetzt aus 47 Natronsalpeter, 18 Kalisalpeter, 17 Schwefel, 12 Sägemehl, 6 kohlensaurem oder schwefelsaurem Natrium.

Der Kalisalpeter ist völlig ersetzt durch Natronsalpeter in folgenden Mischungen:

Davey's Pulver. Man bildet mit Wasser, Natronsalpeter, Schwefel, Kohle und einer schleimigen Substanz (Mehl, Kleie, Stärke) einen dicken Teig, den man knetet, durch Walzen gehen läßt, körnt und trocknet. Angebliche Vorzüge: rasche und deshalb billige Herstellung, gefahrlose Handhabung und wenig Rauch bei der Explosion.

Pyronone von Reynaud. Dasselbe besteht aus 52·5 Natronsalpeter, 27·5 erschöpfter Gerberlohe und 20 Schwefel. Die Lohe wird mit der kochenden Lösung des Natronsalpeters gesättigt, dann fügt man den Schwefel hinzu und trocknet das Gemisch. Vorzüge: Billigkeit und gefahrlose Handhabung wegen schwerer Entzündbarkeit. Nachtheil: Im Verhältniß zum gewöhnlichen Sprengpulver geringere Kraftentwicklung.

In Freiberg und Wetzlar hat man vor Jahren Sprengpulver angewendet, den sogenannten »Steinbrech«, die ebenfalls nur Natronsalpeter enthielten. Dieselben hatten folgende Zusammensetzung:

	Freiberger	Wetzlarer
Natronsalpeter . . .	61·66	66·68
Schwefel	17·25	11·77
Lohe	—·—	18·71
Kohle	17·35	—·—
Feuchtigkeit	—·—	2·81

Oxland's Pulver besteht aus:

Natronsalpeter . . .	85	85
Schwefel	16	16
Holzkohle	18	—
Steinkohlenstaub . .	—	20

Digitized by Google

Vor der Verwendung wird der Natronsalpeter sehr sorgfältig raffinirt.

b) Explosive Mischungen, in welchen der Kalisalpeter durch Barytsalpeter ersetzt ist.

Der Barytsalpeter ($BaNO_3$) wurde ursprünglich von J. N. Wagner zur Bereitung des Pulvers seiner dem Kalisalpeter ähnlichen Eigenschaften wegen als billigeres Surrogat verwendet; Newton lehrte später eine billigere Darstellungsweise desselben. Barytsalpeter macht das Pulver minder brisant. Sehr richtig bemerkt dem gegenüber Abel, daß es empfehlenswerther erscheint, die geringere Brisanz durch zweckmäßige Aenderung der Fabrikation des gewöhnlichen Pulvers zu erreichen, da der Barytsalpeter das Pulver specifisch schwerer macht. In Folge dessen sind zur gleichen Kraftleistung größere Ladungen erforderlich, überdies werden die Verbrennungsrückstände ganz wesentlich vermehrt. Außer dem bekannteren Namen Saxifragin führen derartige Pulvermischungen auch die Bezeichnung Lithofracteur.

Saxifragin. Dasselbe besteht aus 77 Theilen salpetersaurem Baryt, 21 Theilen Holzkohle und 2 Theilen Kalisalpeter und wird ähnlich wie das gewöhnliche Schwarzpulver fabricirt. Da es an und für sich schwerer entzündlich ist, überpudert man dasselbe noch feucht mit fein zerriebenem Schwarzpulver.

Dem Saxifragin sehr ähnlich zusammengesetzt ist das Sprengpulver des belgischen Hauptmannes Wynants. Dasselbe enthält 76 Barytsalpeter, 2 Kalisalpeter und 22 Holzkohle.

Das Küp'sche Sprengpulver besteht aus 80 Procent Barytsalpeter neben Kohle und Schwefel.

Die Barytpulver haben den großen Nachtheil, daß sie sehr starke Verbrennungsrückstände liefern.

Digitized by Google

c) Explosive Mischungen, in welchen der Kalisalpeter durch salpetersaures Ammon vertreten ist.

Das salpetersaure Ammon (NH_4NO_3) enthält 35 Procent Stickstoff, 45 Procent Wasserstoff und 20 Procent Sauerstoff und fand ebenfalls als Surrogat für den Kalisalpeter Verwendung. Doch ist es sehr hygroskopisch und macht das Pulver feucht, was sich allerdings durch Anwendung luftdicht schließender Patronen, welche etwa aus paraffinirten Papier verfertigt werden könnten, beheben ließe. Hauptsächlich findet es bei Herstellung grobkörniger Pulversorten Verwendung.

Die Anwendung des Ammoniumnitrates soll nach E. Gaens bei der Entzündung derartiger Mischungen die Entstehung von Kaliumamid, eine bei höherer Temperatur flüchtige Verbindung von explosivem Stickstoff-Kalium mit Ammoniak bewirken, welche die Sprengkraft des Pulvers erhöhen soll.

Derartige Pulver haben z. B. folgende Zusammensetzung:

Salpetersaures Ammon . .	92·28
Holzmehl	5·72
Schwefel	3·00

oder (Dynamoit von Brunner):

Salpetersaures Ammon . . .	15
Kalisalpeter	25
Malzkeime	60

Für Bergwerkszwecke empfehlen A. Moschek und A. Brunner:

Ammoniumnitrat	10—40	30—60	—
Kaliumnitrat	20—40	—	30—60
Malzkeime	40—70	40—70	40—70

Auch das Ammonit (Favier's Sprengstoff) enthält salpetersaures Ammon. Dasselbe besitzt folgende Zusammensetzung:

Digitized by Google

	A	B	C	D	E
Mononitronaphtalin	9	7	10	10	12
Salpetersaures Ammon	91	93	70	45	88
Natriumnitrat	—	—	20	45	—

Es kommt in Form gepreßter Hohlcylinder, welche aus einer dieser Mischungen verfertigt wurden, in Verkehr, welche mit losem Pulver von der gleichen Zusammensetzung gefüllt sind. Die Herstellung des Gemenges erfolgt in Kollermühlen, welche mit Dampf geheizt werden, die Patronen sind in Hülsen von Bleiblech eingearbeitet.

Bellit von C. Lamm ist eine Mischung von 1 Theil krystallisirtem Metadinitrobenzol und 2 Theilen Ammoniumnitrat, welche in einer mit Dampf geheizten Trommel gemengt und nach dem Erkalten zu Patronen gepreßt werden.

Streng genommen ist sowohl das Ammonit als auch das Bellit unter die Nitropräparate zu zählen.

d) Explosive Mischungen, in welchen der Kalisalpeter durch chlorsaures Kalium ersetzt ist.

Dieselben haben eine noch beschränktere Anwendung gefunden als die eben genannten Pulversorten. Das chlorsaure Kalium ($KClO_3$) ist beinahe dreimal so theuer als der Kalisalpeter. Es kann also die Anwendung eines »Chloratpulvers«*) nicht wie die eines Natronsalpeter-Pulvers den Vorzug größerer Billigkeit vor dem gewöhnlichen Schwarzpulver haben. Man will vielmehr durch den Zusatz von chlorsaurem Kalium die Wirkung des Pulvers vermehren. Indessen hat das chlorsaure Kalium eine für unseren Zweck sehr unerwünschte Eigenschaft. Es giebt nämlich seinen Sauerstoff beim Erhitzen weit rascher und stürmischer ab als der Kalisalpeter und in Folge dessen ist den Chloratpulvern statt der nachhaltigen treibenden Wirkung des Schwarz-

*) Streng genommen nennt man Chloratpulver nur ein solches Pulver, welches an Stelle des Salpeters des Schwarzpulvers in demselben Mengenverhältniß chlorsaures Kalium enthält, und zwar in der Regel 6 chlorsaures Kalium auf 1 Schwefel und 1 Kohle.

Digitized by Google

pulvers eine mehr brisante Wirkung eigen, die sie als Ersatz des Schwarzpulvers untauglich macht und lediglich zu den Sprengstoffen verweist.

Abgesehen hiervon, würde auch schon der Umstand, daß die Chloratpulver die eisernen Läufe der Feuerwaffen stark angreifen, die Einführung derselben in der Artillerietechnik verbieten.

Zu allen diesen Uebelständen kommt schließlich noch, daß die Fabrikation und die Handhabung der Chloratpulver weit gefahrvoller ist als die des gewöhnlichen Schwarzpulvers. Die Chloratpulver werden auch wohl »muriatische Pulver« genannt. Wir führen von der großen Zahl der hierher gehörigen Mischungen folgende an:

Das Pulver von Kellow und Short. Es existirt in drei verschiedenen Mischungs-Verhältnissen mit jeweilig verschiedener Leistungsfähigkeit.

Chlorsaures Kalium . . .	12	6	10
Salpetersaures Natrium .	30	36	10
Salpetersaures Kalium . .	8	4	20
Schwefel	10	10	—
Lohe und Sägespäne . .	46	50	46

Zu seiner Bereitung löst man die drei erstgenannten Bestandtheile in Wasser auf und tränkt Lohe und Sägespäne mit der erhaltenen Salzlösung. Hierauf werden die Schwefelblumen zugemengt und die Masse getrocknet.

Oller's Sprengpulver (Pudrolith) besteht aus:

Salpetersaurem Kalium . .	66·00
Chlorsaurem Kalium . . .	2·50
Schwefel	20·00
Holzkohle	3·50
Thierkohle	2·00
Sägemehl	6·00

Digitized by Google

Himly-Pulver von C. Himly und von Trützschler-Falkenstein besteht aus:

Chlorsaures Kalium	45
Kalisalpeter	35
Steinkohlenpech	20

Das Steinkohlenpech wird zunächst in Benzin gelöst, letzteres wird nach dem Vermengen mit den beiden anderen Bestandtheilen abgedunstet.

Bergmannspulver (poudre des mineurs) von Michalowski enthält 50 Theile chlorsaures Kalium, 5 Theile Braunstein und 45 Theile Kleie.

Cometpulver enthält 75 Theile chlorsaures Kalium und 25 Theile Harz.

Hafenegger's Pulver enthält:

	Chlorsaures Kalium	36
	Schwefel	1
	Holzkohle	1
oder:	Chlorsaures Kalium	2
	Zucker	1
	Blutlaugensalz	1

Das weiße Pulver von Augendre (deutsches, auch amerikanisches Weißpulver genannt). Augendre gab zu seiner Herstellung folgende Vorschrift an: 50 chlorsaures Kalium, 25 Blutlaugensalz und 25 weißer Zucker werden feucht in bronzenen Mörsern gemischt und auf gewöhnliche Weise gekörnt.

Späterhin hat Pohl sich eingehend mit der Verbesserung dieses Pulvers beschäftigt und folgende Mischung als die wirksamste empfohlen: 49 chlorsaures Kali, 23 Zucker und 28 Blutlaugensalz. Nach seinen Versuchen entsprechen 100 Theile Schwarzpulver in ihrer Wirkung 60 Theilen Weißpulver. Letzteres giebt nur 31·53 Theile Rückstand, Schwarzpulver dagegen 68 Theile. Weitere Vortheile sind nach Pohl die geringere Flammentemperatur des Weiß-

Digitized by Google

pulvers, in Folge dessen mehr Schüsse ohne zu starke Erhitzung der Feuerwaffen gethan werden können. Es ist das Verhältniß der Flammentemperatur von weißem zu schwarzem Pulver 0·779 : 1 und jenes der entwickelten Gasmengen 1·669 : 1.

Zu all diesen Vorzügen hat man ferner noch gerechnet, daß das Weißpulver an der Luft sehr beständig ist, sich durch Funken leichter entzündet, in ungekörntem Zustande verwendet und endlich billiger und einfacher hergestellt werden kann. Man müßte sich wundern, daß ein Pulver mit solchen guten Eigenschaften nicht schon größere Anwendung erlangt habe, wenn man nicht daran dächte, daß alle derartigen neuen Erfindungen zuerst nur von der guten Seite betrachtet werden, der hinkende Bote kommt dann in der Regel später nach.

So hat man auch gefunden, daß die Angabe, das Weißpulver explodire nur durch Schlag von Eisen auf Eisen, nie durch Reibung, nicht richtig ist. Zuweilen kamen auch beim vorsichtigsten Mengen der Bestandtheile Explosionen vor. Ja sogar eine Flasche mit weißem Pulver, welche der Junisonne ausgesetzt war, explodirte. Namentlich diese tückische Art, mit welcher das Weißpulver zuweilen plötzlich, ohne daß man einen richtigen Grund dafür angeben könnte, explodirt, ist ein Abschreckungsmittel für seine ausgedehntere Anwendung geworden. Mag auch das Weißpulver in der Regel gefahrloser zu handhaben sein als das Schwarzpulver, so ist letzteres aber eine Substanz mit genau bekannten Eigenschaften und die Kenntniß der letzteren ermöglicht es, daß wir dennoch mit dem Schwarzpulver mit einem Gefühle größerer Sicherheit umgehen, als mit dem in seinen Eigenschaften theilweise räthselhaften Weißpulver.

Hierzu kommt noch, daß das Weißpulver, wie alle muriatischen Pulver, die eisernen Läufe angreift. Man hat deshalb empfohlen, das Weißpulver auf bronzene Feuerwaffen und auf die Füllung von Hohlgeschossen zu beschränken. So hat man vorgeschlagen, das Weißpulver zugleich mit concentrirte Schwefelsäure enthaltenden Glaskugeln in Hohl-

Digitized by Google

geschosse einzuschließen. Indem die Glaskugeln beim Aufschlagen des Geschosses zerbrechen, fließt die Schwefelsäure in das Pulver und bringt dasselbe zur Entzündung.

Auch bei den Contacttorpedos hat man das Weißpulver in Verbindung mit Schwefelsäure zur Zündung der Pulverladung angewendet.

Ehrhardt's Pulver.

	Artillerie-pulver	Sprengpulver	Bombenpulver
Chlorsaures Kalium	1	1	1
Salpetersaures Kalium . . .	1	1	—
Holzkohle	—	4	—
Gerbsäure oder Catechu . . .	1	2	1

Krafft's Pulver enthält:

Chlorsaures Kalium	480
Humussaures Ammon . . .	100
Salpeter	260
Schwefel	150

Dasselbe explodirt durch Reibung und Hammerschläge. Das humussaure Ammon wird nach F. Gaens in folgender Weise dargestellt. Torf wird zunächst mit heißem Wasser ausgelaugt und dann mit Sodalösung ausgekocht. Die auf diese Weise erhaltene schwarzbraune Lösung läßt man absitzen, und neutralisirt sie hierauf, wodurch sich des humussaure Ammon in Form eines fein vertheilten braunen Niederschlages abscheidet. Dieser wird gesammelt, gewaschen, und getrocknet.

Das Sprengpulver von Callou findet zum Sprengen von Minen Verwendung und enthält chlorsaures Kalium und Operment.

Hahn's Pulver besteht aus:

Chlorsaurem Kalium . . .	367·5
Dreifach Schwefelantimon .	168·3
Kohle	18
Walrath	46

Digitized by Google

Spence's Pulver enthält:

Chlorsaures Kalium	20	10
Steinkohle	2	0·75
Doppeltkohlensaures Natron .	3—4	3—4
Sägespäne oder Baumrinde .	7	3·5
Holzkohle	2	1

Manche Mischungen enthalten ferner auch Weizenmehl. An Stelle des doppeltkohlensauren Natrons kann auch salpetersaures Blei angewendet werden.

Melland's Schießpapier. Man tränkt Papierbogen mit einem Gemisch, welches durch einstündiges Kochen von 9 chlorsaurem Kalium, $4^1/_2$ Kalisalpeter, $3^1/_4$ gelbem Blutlaugensalz, $3^1/_4$ gepulverter Holzkohle, $^1/_{16}$ chromsaurem Kalium und $^1/_{20}$ Stärkemehl in 79 Wasser erhalten ist, zieht das Papier durch Walzen, rollt dasselbe zu Patronen auf und trocknet diese, worauf man sie noch (um sie gegen Feuchtigkeit unempfindlich zu machen) mit einer Auflösung von 1 Theil Xyloidin in 3 Theilen Essigsäure von 1·04 specifischem Gewicht bestreicht.

Die Herstellung des Schießpapiers soll billiger, einfacher und gefahrloser sein als die des Schwarzpulvers. Bei der Explosion soll es wenig Rauch verursachen und die Gewehre weniger verunreinigen. Seine Triebkraft ist größer als die des Schwarzpulvers.

Eine andere Vorschrift zur Darstellung von Sprengpapier ist folgende: Ungeleimtes Papier wird mit einem heißen Gemenge von 17 gelbem Blutlaugensalz gelöst in 1500 Wasser, 17 Lindenkohle, 35 raffinirten Kalisalpeter, 70 Kaliumchlorat und 10, mit 50 Wasser angerührter Weizenstärke bestrichen, getrocknet und geglättet. Schließlich wird es ebenfalls in Streifen zerschnitten und zu Patronen gerollt.

Horsley's Galläpfelpulver besteht aus 9 Theilen chlorsaurem Kalium und 3 Theilen gepulverten Galläpfeln. Das Gemisch bleibt ungekörnt. Die 1867 in Oesterreich

Digitized by Google

versuchte Einführung desselben (zu Infanteriegewehr-Zündgeschossen) hat sich nicht bewährt.

Nisser's Pulvermischungen enthalten überchlorsaures Kali ($KClO_4$). Die beiden Vorschriften sind:

Chlor- oder überchlorsaures Kali	10·5	15·75
Gelbes oder rothes Blutlaugensalz	1·5	2·25
Kali- oder Natronsalpeter . . .	44·5	55·5
Pflanzenstoff	6·5	10·0
Steinkohle	19·5	4·75
Schwefel	15·5	9 5

3. Explosivkörper mit Ersatzstoffen für die Kohle.

Wie aus der Zusammensetzung einer großen Zahl der im Vorstehenden angeführten Sprengstoffe hervorgeht, finden an Stelle der Kohle vielfach andere Substanzen Verwendung. Dieselben vermehren in der Regel die Kraft des Pulvers jedoch nicht, vielmehr verlangsamen sie die Entzündung. So wurden angewendet Lohe, Sägemehl, Kleie, Stärke, Zucker, gelbes und rothes Blutlaugensalz, Blauholzextract, weinsaures Kalium, humus- und harnsaures Ammon, Seignettesalz, Steinkohle, Gerbsäure, Catechu. Auch zerkleinertes Stroh, Seegras und vieles andere wurden zu diesem Zwecke empfohlen. Diese Surrogate sind minder veränderlich in ihrer Beschaffenheit als die Kohle (z. B. Zucker oder Blutlaugensalz), dagegen in der Regel schwerer entzündlich als diese. Als Klebemittel hat man Dextrin, Leim, Gummi, Stärkekleister, Syrup ꝛc. angewendet.

Als weitere Beispiele für derartige Explosivstoffe, in welchen die Kohle durch einen anderen Körper ersetzt wurde, führen wir an:

Pulver von M. Lammensdorf: 70 chlorsaures Kalium, 30 harnsaures Ammon.

Pulver von Nisser: 55—60 chlorsaures und 45 bis 55 saures weinsaures Kalium.

Digitized by Google

Pulver von Brandeisl enthält: 16 Salpeter, 2 Schwefel und 3 Zucker. Dasselbe ist gelblichweiß, mehlig, und verbrennt langsam mit geringer Rauchentwicklung, doch hinterläßt es viel Rückstand.

Pulver von Sharp und Smith besteht aus:

Chlorsaurem Kalium	2
Salpetersaurem Kalium	2
Ferridcyankalium	1
Weinsaurem Kalium	1
Schwefel	2

4. Explosivkörper mit Ersatzstoffen für den Schwefel.

In den meisten Pulversorten ist Schwefel als integrirender Bestandtheil enthalten, doch sind auch Mischungen bekannt, in welchen derselbe vollständig fehlt.

Das schon an früherer Stelle erwähnte Haloxylin von Fehleisen besteht aus 45 Theilen Salpeter, 3—5 Theilen Holzkohle, 9 Theilen Sägespänen und 1 Theil Ferridcyankalium. Sägespäne, Salpeter und Holzkohle werden zunächst innig gemengt, worauf pro 100 Kgr. 2 Liter Wasser oder Ferridcyankaliumlösung hinzugefügt werden. Die Masse wird dann wie gewöhnliches Pulver gedichtet, gekörnt und getrocknet und eventuell polirt. Nach Versuchen, welche in Idria seinerzeit vorgenommen wurden, besitzt Haloxylin die zweieinhalbfache Wirkung des Pulvers und liefert bei der Verbrennung auch weniger und minder unangenehm fühlbaren Rauch als dieses.

F. Volkmann's Holzpulver, als Schießpulver unter dem Namen Collodin, als Sprengpulver als Nitroxylin bekannt, besteht im Wesentlichen aus reinem Holzstoff (Cellulose), welcher in geeigneter Weise präparirt (nitrirt) und mit Salpeter ꝛc. gemengt wurde. Das specifische Gewicht

Digitized by Google

dieses Präparates verhält sich zu jenem des Schwarzpulvers wie 2 : 5, und ist bedeutend wirksamer als dieses. Durch Pressen kann es verdichtet werden, gewöhnlich wurde es jedoch in Körnerform angewendet.

Bjorkmann's Vigorit enthält 25—30 Theile »Nitrolin«, 15—35 Theile Salpeter, 10—30 Theile chlorsaures Kalium und 15—35 Theile Cellulose; das Nitrolin besteht aus 25—50 Theilen Salpetersäure, 50—75 Theilen Schwefelsäure und 5—20 Theilen Zucker, Honig, Melasse oder Syrup. In Amerika wird folgende Mischung angewendet:

Nitroglycerin . . .	30	Theile
Chlorsaures Kalium .	49	»
Kalisalpeter	7	»
Holzstoff	9	»
Kohlensaure Magnesia .	5	»

Auch diese Mischungen wären eigentlich schon zu den Nitroproducten zu zählen.

Das Xanthatpulver von Dr. Schwarz unterscheidet sich dadurch von dem gewöhnlichen Schießpulver, daß dieses Schwefel und Kohle mechanisch miteinander vermengt, jenes aber chemisch miteinander vereinigt enthält. Dasselbe enthält also allerdings Schwefel, jedoch nicht in freier Form, sondern in einer chemischen Verbindung.

Die einfachste derartige chemische Verbindung des Schwefels mit der Kohle ist der Schwefelkohlenstoff. Setzt man denselben zu einer Lösung von Kalihydrat in Alkohol, so scheidet sich aus der Flüssigkeit eine feste Masse in farblosen, seidenglänzenden Nadeln ab. Diese Substanz heißt xanthogensaures Kalium (genauer: äthyldisulfocarbonsaures Kalium) und ist diejenige chemische Verbindung des Schwefels mit Kohlenstoff, welches Schwarz zu seinem Xanthatpulver angewendet hat. Das xanthogensaure Kalium enthält außer Kohle, Schwefel und Kalium auch noch Sauerstoff und Wasserstoff.

Digitized by Google

Wollte man jedoch dieses xanthogensaure Kalium mit Salpeter allein vermischen, so würde man mit der so erhaltenen explosiven Mischung nur eine geringe Wirkung erzielen. Deshalb setzt man noch ein wenig Holzkohle hinzu.

Das beste Mischungsverhältniß ist: 100 Salpeter, 40 xanthogensaures Kalium und 6 Holzkohle.

Zur Fabrikation des Xanthatpulvers werden die einzelnen Bestandtheile zuerst in einer Kugeltrommel jeder für sich, dann im Gemische innig zerrieben, gemengt, mit Alkohol befeuchtet, zu Kuchen gepreßt und gekörnt.

Die Fabrikation ist mit keiner Gefahr verbunden, da die Masse durch Schlag (selbst von Eisen auf Eisen) nicht explodirt.

Das Xanthatpulver muß zur Vermeidung von Zersetzung trocken aufbewahrt werden.

Ersetzt man im Xanthatpulver den Salpeter durch chlorsaures Kalium, so erhält man ein äußerst kräftiges Präparat. Doch explodirt letzteres wie fast alle Chloratpulver durch einen kräftigen Schlag von Eisen auf Eisen. Außer der erwähnten hat Schwarz aus sulfonsauren Salzen und chlorsaurem Kalium eine Reihe brisanter Mischungen dargestellt, und zwar: 1. aus phenolsulfonsaurem Kalium mit chlorsaurem Kalium, 2. aus benzolmonosulfonsaurem und benzoldisulfonsaurem und chlorsaurem Kalium, 3. aus phenolsaurem Ammon und chlorsaurem Kalium. Leider sind diese sehr kräftigen Gemische durch den Schlag von Eisen auf Eisen leicht entzündlich.

Digitized by Google

Die Nitroverbindungen.

Durch Behandlung gewisser organischer Substanzen, wie Cellulose, Glycerin, Stärke, Zucker u. s. w. mit einem Gemische von concentrirter Salpetersäure und Schwefelsäure erhält man neue Verbindungen, welche die Fähigkeit besitzen, durch Stoß oder Schlag mit der größten Heftigkeit zu explodiren. Es sind dies die Nitroverbindungen, zu welchen z. B. die Nitrocellulose (Schießbaumwolle), Nitroglycerin, Pikrinsäure, Nitrozucker u. s. w. gehören. Durch Mischung des Nitroglycerins mit chemisch unwirksamen Aufsaugestoffen, wie z. B. Kieselguhr, wird Dynamit, durch Verwendung einer chemisch wirksamen Basis, z. B. Schießbaumwolle, beziehungsweise der dieser ganz ähnlichen Collodiumwolle, die Sprenggelatine erhalten. Diese Stoffe besitzen die höchste Bedeutung für die moderne Sprengtechnik, insbesondere seit man lernte, sie durch verschiedenen Zusatz einerseits in leicht verwendbare Form zu bringen, anderseits ihre Sprengwirkung beliebig zu modificiren.

Indem derartige Substanzen, wie Cellulose oder Glycerin mit einer Mischung von Salpetersäure und Schwefelsäure behandelt werden, verläuft ein chemischer Proceß, welcher als Nitrirung bezeichnet wird. Hierbei nimmt die zu nitrirende Substanz Stickstoff und Sauerstoff (die sogenannte Nitrogruppe NO_2) aus der Salpetersäure auf, wobei gleichzeitig Wasserstoff abgespalten wird, der sich mit dem Reste der Salpetersäure zu Wasser verbindet. Die gleichzeitig zur Anwendung gelangte Schwefelsäure hat einzig den Zweck, dieses Wasser zu binden.

Digitized by Google

Wird z. B. Benzol, ein Kohlenwasserstoff von der Zusammensetzung C_6H_6, der Nitrirung unterworfen, so verläuft folgender Proceß:

$$C_6H_6 + HNO_3 = C_6H_5 . NO_2 + H_2O.$$

Benzol Salpetersäure Nitrobenzol Wasser

Je nach den Bedingungen, unter welchen die Nitrirung vorgenommen wird, gelingt es nicht nur einen, sondern nacheinander alle sechs Wasserstoffatome im Benzol durch die Nitrogruppe zu ersetzen.

Etwas anders verläuft der Proceß, wenn gewisse chemische Verbindungen, welche man als Alkohole bezeichnet, nitrirt werden. Der gewöhnliche Alkohol (Aethylalkohol) besitzt die Formel C_2H_6O, durch sein bestimmtes Verhalten gegenüber anderen Körpern hat man gefunden, daß die Structurformel (im Gegensatze zur empirischen Formel C_2H_6O) des Alkoholes $C_2H_5 . OH$ ist. Dies besagt, daß sich im Alkoholmolecule ein Wasserstoffatom anders verhält, als die übrigen fünf, u. zw. ist dies jenes, welches mit dem Sauerstoffe verbunden ist. Dieses nämlich und nur dieses ist durch Metalle, wie Natrium oder Kalium sowie durch Reste organischer Verbindungen, sogenannte Radicale ersetzbar. Wird z. B. Aethylalkohol unter geeigneten Bedingungen mit Salpetersäure behandelt, so geht folgender Proceß vor sich:

$$C_2H_5 . OH + HNO_3 = C_2H_5 . O . NO_2 + H_2O$$

Aethylalkohol Salpetersäure Salpetersäure-Aethylester Wasser

Wir sehen jedoch, daß hier nur der Wasserstoff der Gruppe OH durch die Nitrogruppe verdrängt wurde, und diese hängt mit der Gruppe C_2H_5 durch ein Sauerstoffatom (O) zusammen. Derartige Verbindungen führen den Namen »Ester« (Aether) und sind somit von den eigentlichen Nitroverbindnngen, wie sie z. B. durch das erwähnte Nitrobenzol repräsentirt werden, wohl zu unterscheiden. Die meisten der in der Sprengtechnik Anwendung findenden Nitroverbindungen sind nun derartige Ester der Salpetersäure.

Digitized by Google

Der Aethylalkohol, welcher nur eine OH Gruppe enthält, ist ein sogenannter einwerthiger Alkohol, zum Unterschiede von solchen, welche mehrere OH Gruppen enthalten, und mehrwerthige Alkohole heißen.

Das zur Darstellung des Nitroglycerins dienende Glycerin ist ein dreiwerthiger Alkohol, d. h. es enthält drei Hydroxyl-(OH-)gruppen, es sind also drei Wasserstoffatome durch die Nitrogruppe vertretbar:

$$\begin{array}{l} CH_2\,(OH) \\ | \\ CH\ (OH) \\ | \\ CH_2\,(OH) \end{array} + \begin{array}{l} HNO_3 \\ \\ HNO_3 \\ \\ HNO_3 \end{array} = \begin{array}{l} CH_2\,(O\,.\,NO_2) \\ | \\ CH\ (O\,.\,NO_2) \\ | \\ CH_2\,(O\,.\,NO_2) \end{array}$$

Glycerin Salpetersäure Nitroglycerin.

Das Nitroglycerin, welches ebenfalls durch Einwirkung des Salpetersäure-Schwefelsäuregemisches auf Glycerin erhalten wird, ist somit ebenfalls ein Ester und könnte auch als Salpetersäureglycerinester bezeichnet werden.

Auch die Nitrocellulose (Schießbaumwolle) ist als ein derartiger Ester aufzufassen. Doch sind bei dieser verschiedene Nitrirungsstufen bekannt. Nach den neuesten Arbeiten von Vieille enthält die eigentliche Schießbaumwolle elf Nitrogruppen und hat demnach die Formel $C_{24}\,H_{29}\,O_9\,(O\,.\,NO_2)_{11}$, während die Collodiumwolle nur acht oder neun Nitrogruppen enthält. Die Stufe der Nitrirung beeinflußt in hohem Grade die Eigenschaften der Nitrocellulose, wovon später noch ausführlich die Rede sein wird.

Es sind übrigens auch Producte bekannt, welche zwischen beiden Nitrirungsstufen liegen. Diese können von gleichen Eigenschaften auch durch Mengen von Schießbaumwolle und Collodiumwolle erhalten werden.

Die Art des Zerfalles der in die Gruppe der organischen Nitroverbindungen gehörenden Sprengstoffe erfolgt im Allgemeinen derart, daß der Stickstoff in Gasform zur Abscheidung gelangt, während der Kohlenstoff je nach der

Digitized by Google

Menge des vorhandenen Sauerstoffes, entweder in Kohlensäure oder Kohlenoxyd, gewöhnlich jedoch in ein Gemenge beider übergeht. Der Wasserstoff tritt entweder als solcher, oder gasförmig, oder in Form von Wasser aus; falls die vorhandene Menge des Sauerstoffes nicht mindestens zur vollständigen Ueberführung des Kohlenstoffes in Kohlenoxyd (CO) ausreicht, kann auch Methan (Sumpfgas) gebildet werden. Ist dagegen noch mehr Sauerstoff disponibel als zur vollständigen Verbrennung von Kohlenstoff und Wasserstoff nöthig ist, so kann, wie dies z. B. bei Nitroglycerin und Nitromannit der Fall ist, auch freier Sauerstoff in den Verbrennungsproducten nachgewiesen werden. In Folge secundärer Reactionen treten in einzelnen Fällen auch Spuren von Salpetersäure nnd Cyanwasserstoff auf. — Bei Besprechung der einzelnen Sprengstoffe werden wir noch Gelegenheit haben, auf die Zersetzung derselben näher einzugehen.

Wir wenden uns nun zunächst der Darstellung der Nitrocellulose (Schießbaumwolle) zu, um im Anschlusse an diese die Bereitung des Nitroglycerins, der Dynamite, Sprenggelatine, Gelatinedynamite und rauchschwachen Pulversorten abzuhandeln.

Alle diese Explosivstoffe gehören zu den indirect explodirbaren, d. h. im Gegensatze zu Schwarzpulver werden sie nicht durch bloße Entzündung zur Explosion gebracht. Vielmehr bedürfen sie hierzu eines Zwischenmittels, eines Knallpräparates von hoher Brisanz, um ihre Kraft zu entfalten. Von der Bereitung dieser Zündkapseln wird später noch die Rede sein.

Folgende Zusammenstellung giebt eine Uebersicht über die in diese Kategorie gehörigen Explosivstoffe.

Nach Fritzsche kann über die neueren Sprengstoffe folgende Uebersicht gegeben werden:

Nitrocellulose { Dinitrocellulose*) = Collodiumwolle, löslich in Aetheralkohol, Nitroglycerin 2c.
Trinitrocellulose*) = Schießbaumwolle.

*) Aeltere Bezeichnung.

Digitized by Google

Nitrocellulose

- Trinitrocellulose aus Holzspänen = Nitroligninose.
- » » Holzmehl = Schulze's Pulver.
- » » Holzcellulose = Bautzner Sprengstoff.
- » » Papier = Pyropapier, Düpplerschanzenpapier.

Nitroglycerin $C_3H_5(O.NO_2)_3$

Procent	
75 + 25	Kieselguhr = (Guhr) Dynamit + Holzmehl und Salpeter = Nobels Dynamit Nr. 2, 3 u. 4 + Barytsalpeter, Schwefel, Cellulose und doppeltkohlensaures Natron = Lithofracteur.
25 + 75	Salpeter = Kohlendynamit.
75 + 25	Cellulose = Cellulosedynamit.
50 + 50	Nitrolignose = Dualin.
92·5 + 7·5	Collodiumwolle = Sprenggelatine.
97·5 + 2·5	Collodiumwolle = Gelatineöl.
	65 Proc. + 35 Proc. Salpetermischung = Gelatinedynamit I.
	45 Proc. + 52 Proc. Salpetermischung = Gelatinedynam. II.
40 + 60	Kaliumchlorat = Brain's Sprengpulver.

Nitrobenzol $C_6H_5.NO_2$

- + Salpetersäure = Hellhoffit; + Kieselguhr = Guhrhellhoffit; + Nitrocellulose = Nitrocellulosehellhoffit (Sprengel'scher, Gruson'scher Sprengstoff).
- + Salpeter und Schwefel = Carbonit.
- + Chlornitrolbenzol + Salpeter = Roburit.
- + Collodium + Salpeter + chlorsaures Kalium = Kinetit.

Digitized by Google

Pikrinsaures Kalium + Salpeter = Designolleſches Pikratpulver (Trinitrophenol).

Unterſalpeterſäure + Schwefelkohlenſtoff = Panklaſtit.

I. Die Nitrocelluloſen.

1. Die Schießbaumwolle.

Geſchichtliches. Im Jahre 1833 erhielt Bracounot durch Auflöſen von Stärke oder Papier in concentrirter Salpeterſäure und nachherigem Zuſatz von Waſſer eine aus der Flüſſigkeit ſich ausſcheidende weiße, pulverige Subſtanz, welche mit einer Flamme in Berührung gebracht, ſchwach verpuffte.

Pelouze beobachtete zuerſt, daß hierbei die Stärke an Gewicht zunehme. Er hielt die neue Verbindung für ein ſalpeterſaures Salz, gewiſſermaßen für »ſalpeterſaure Stärke«. Pelouze bemerkte ferner, daß ſchon das Eintauchen von Papier, Leinwand und Baumwollenzeug in Salpeterſäure von 1·5 ſpecifiſchem Gewicht dieſelben leicht verbrennlich mache.

1846 kündigte Schönbein in Baſel die Entdeckung eines neuen Exploſivſtoffes an, der das Schwarzpulver in ſeiner Exploſionswirkung um das Vierfache übertreffe und ſich als Erſatz desſelben, ſowie zum Sprengen vortrefflich eigne. Der neue exploſive Körper hinterlaſſe beim Verbrennen weder Rückſtand noch Rauch.

Faſt um dieſelbe Zeit (Auguſt 1846) gelang es auch Böttger in Frankfurt, eine »exploſive Baumwolle« herzuſtellen. Er vereinigte ſich mit Schönbein, um mit ihm gemeinſchaftlich die Erfindung praktiſch zu verwerthen. Sie boten in demſelben Jahre noch ihr geheim gehaltenes Ver-

Digitized by Google

fahren zur Darstellung der Schießbaumwolle dem Deutschen Bunde an, der ihnen eine Nationalbelohnung für den Fall zusicherte, daß die Schießwolle sich nicht nur geeignet erweise, das Schießpulver für Feuerwaffen zu ersetzen, sondern daß es auch noch wesentliche Vorzüge vor diesem besäße.

Inzwischen war es Otto in Braunschweig gelungen, vollkommen unabhängig von Schönbein und Böttger, lediglich auf die Beobachtungen von Pelouze fußend, gleichfalls die Schießbaumwolle darzustellen. Er machte bekannt,*) daß es ihm geglückt sei, durch etwa eine halbe Minute lang dauerndes Eintauchen von gereinigter Baumwolle in höchst concentrirte Salpetersäure, darauf folgendes sorgfältiges Auswaschen und Trocknen, ein explosives Präparat von den Eigenschaften der Schönbein'schen Schießbaumwolle zu erhalten.

War auch die Otto'sche Schießbaumwolle an Qualität insoferne geringer als die Schönbein'sche, da bei der Bereitung der ersteren nur Salpetersäure (nicht das Gemisch von Salpetersäure und Schwefelsäure) angewendet worden war, so gab diese Bekanntmachung Otto's doch den Anstoß, daß sofort zahlreiche Fachmänner und Nichtfachmänner sich auf die Herstellung der Schießbaumwolle verlegten. Fast gleichzeitig fanden Knop in Leipzig, sowie Heeren und Karmarsch in Hannover die vortheilhafteste Bereitungsart der Schießwolle durch Anwendung eines Gemisches von Salpetersäure und Schwefelsäure, welches übrigens schon Schönbein und Böttger bei ihrem geheim gehaltenen Verfahren angewendet hatten.

Die Veröffentlichung aller dieser verschiedenen Herstellungsarten der Schießwolle in den wissenschaftlichen Zeitschriften, sowie in der Tagespresse, hatte eine gewaltige Erregung der Gemüther bewirkt. »Sechs Wochen lang,« so bemerkt humoristisch ein damaliger Zeitgenosse, »athmeten die Blätter nur Schießbaumwolle und der Verbrauch an Salpetersäure war colossal.«

*) In der »Augsburger Allgemeinen Zeitung« vom 5. October 1846.

Digitized by Google

Der Deutsche Bund ernannte eine Commission in Mainz zur Prüfung der Schießbaumwolle in Bezug auf ihre Verwendung für Feuerwaffen. Die Ereignisse des Jahres 1848 unterbrachen die Arbeiten der Commission; letztere wurden jedoch später wieder aufgenommen und lieferten ein im Ganzen günstiges Resultat. Jedoch konnte sich der Deutsche Bund aus gewohnter Uneinigkeit nicht entschließen, für die vorgeschlagene Summe von 40.000 Gulden das Schönbein-Böttger'sche Verfahren zu erwerben.

Inzwischen hatte man auch in anderen Ländern (Frankreich, Rußland und England) versucht, die Schießbaumwolle statt des Schießpulvers einzuführen. Jedoch waren die Methoden der Fabrikation der Schießwolle damals noch viel zu unvollkommen, als daß man befriedigende Resultate hätte erhalten können. Da man auf die Reinheit der Baumwolle und Salpetersäure, sowie auf die völlige Entsäuerung der Schießbaumwolle keinen großen Werth legte, war auch das erhaltene Product nicht haltbar, sondern unterlag mit der Zeit der freiwilligen Zersetzung. Solche schlecht bereitete Schießbaumwolle war auch die Ursache von mehreren im Jahre 1848 in England und Frankreich vorgekommenen furchtbaren Explosionen. Letztere, sowie die alles Interesse in Anspruch nehmenden politischen Ereignisse des Jahres 1848 trugen die Schuld, daß allmählich die Schießbaumwollfrage wieder von der Tagesordnung verschwand.

Da gelang es dem Hauptmann v. Lenk durch fortgesetzte unermüdliche Anstrengungen, eine Schießwolle herzustellen, welche sich durch Haltbarkeit und gleichmäßige Wirkung vor der bisher benützten auszeichnete. Versuche, welche in den Jahren 1849 bis 1852 angestellt wurden, befestigten das günstige Urtheil über die Lenk'sche Schießbaumwolle, und so kam im Jahre 1853 zwischen der österreichischen Regierung und Schönbein-Böttger ein Vertrag zu Stande, in welchem diese ihre Erfindung, angeblich gegen 30.000 Gulden, abtraten.

Nunmehr wurde in demselben Jahre noch (1853) zu Hirtenberg bei Wien unter Lenk's Leitung die erste nach

Digitized by Google

rationellen Methoden arbeitende Schießwollfabrik eingerichtet. Oesterreich führte die Lenk'sche Schießbaumwolle bei seinen Genietruppen als Sprengpräparat und bei seiner Artillerie zur Füllung von Hohlgeschossen ein.

Bis 1862 war das Lenk'sche Verfahren Geheimniß. In diesem Jahre jedoch theilte v. Lenk sein Verfahren der französischen und englischen Regierung mit; 1864 ließ er es sich für Amerika patentiren.

In Frankreich entstand zu Le Bouchet bei Paris eine Schießwollfabrik, deren Betrieb aber bald wieder eingestellt wurde, nachdem man gefunden hatte, daß die Schießbaumwolle eine zerstörende Wirkung auf die Feuerwaffen ausübe.

Aus demselben Grunde schaffte man zu Anfang der Sechziger Jahre in Oesterreich die »Schießwollbatterien« wieder ab und beschränkte den Gebrauch der Schießwolle zur Füllung von Hohlgeschossen (auch Torpedos) und zu Sprengzwecken.

Im Jahre 1865 wurde die Schießbaumwolle für Oesterreich officiell abgeschafft, und zwar wahrscheinlich wegen zweier 1862 und 1865 stattgefundener Explosionen von Magazinen, deren Ursache nicht zu ermitteln war.

Mit Einführung des Nitroglycerins und des Dynamits erwuchs der Schießbaumwolle ein überlegener Concurrent auf dem Gebiete der Sprengtechnik.

Als Rohmaterialien zur Bereitung der Nitrocellulosen findet sowohl Baumwolle als auch andere Körper, wie Holz, Stroh, Papier u. s. w. Anwendung, welche alle mehr oder minder reine Cellulose sind. Die Cellulose (reine Holzfaser) ist ein aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehender Körper, welcher die empirische Formel $C_6H_{10}O_5$ besitzt und in der Natur sehr verbreitet ist, da die Pflanzen zum größten Theile aus dieser Substanz bestehen. Außer zur Darstellung von Nitrokörpern findet die Cellulose ausgedehnte Anwendung in der Papierfabrikation, zur Herstellung der Celluloidwaaren und in vielen anderen Gewerben. In großen Mengen wird sie aus Holz gewonnen, indem dieses mit Natronlauge oder mit unterschwefligsaurem

Digitized by Google

Kalk (Sulfitcellulose) unter Druck ausgekocht wird. Hierbei gehen die Eiweißkörper, unorganischen Bestandtheile u. s. w. in Lösung, während nahezu reine Cellulose (Holzstoff) hinterbleibt.

Die zur Bereitung der Schießbaumwolle dienende Baumwolle ist ebenfalls fast reine Cellulose. Sie stammt von einem zur Familie der Malvaceen gehörigen Strauche, Gossypium arboreum und herbaceum, welcher auf den Antillen und anderen amerikanischen Inseln, jedoch auch in Arabien, Aegypten und Cypern, sowie auf Malta, Sicilien und in der Levante gedeiht. Die in der Fruchtkapsel dieser Pflanze enthaltenen Samen sind von einer Haut umgeben, deren Zellen größtentheils nach der Befruchtung erst zu Wärzchen, dann allmählich zu langen Haaren auswachsen. Diese erfüllen bei der Fruchtreife die Abtheilungen der dreifächerigen Kapsel, und quellen beim Aufspringen derselben hervor; sie sind weich, elastisch, nur in unreifem, feuchtem Zustande rund, bestehen aus einer sehr langen, walzenförmigen, gegen die Mitte hin etwas aufgetriebenen, und an beiden Enden in konische Spitzen verlaufenden dünnwandigen Zelle, welche beim Trocknen zusammenfällt, dann glatte Bänder mit rundlichen Rändern bildet, welche sich gewöhnlich spiralförmig um ihre Achse drehen. Aus diesen haarförmigen, weißen Zellen besteht die Baumwolle.

Zur Fabrikation von Schießbaumwolle verwendet man von Staub und Samenkapselstücken befreite Baumwolle, die entweder durch Krempeln zu einer gleichmäßigen lockeren Masse gekämmt oder lose gezwirnt ist. Manchmal findet jedoch auch Scheerwolle von gewissen Baumwollstoffen, oder überhaupt die schlechteste Baumwolle, sogenannter Spinnereiabfall Verwendung. Die Benützung des letzteren bietet den Vortheil, daß aus demselben schon durch die Fabrikation in den Spinnereien alle fremdartigen Stoffe entfernt wurden.

Fabrikation der Schießbaumwolle. Man unterscheidet gewöhnliche (flockige) und comprimirte Schießbaumwolle. Wir besprechen hier zunächst die Herstellung der gewöhnlichen Schießbaumwolle.

Digitized by Google

Bei der Fabrikation der Schießbaumwolle ist vor Allem Gewicht auf die Reinheit der Rohmaterialien zu legen. Denn die Qualität des erhaltenen Productes hängt wesentlich von dem Grade der Reinheit der angewendeten Baumwolle und der Salpetersäure ab. Je reiner die Rohmaterialien sind, desto weniger ist die Gefahr einer Explosion der Schießbaumwolle während ihrer Fabrikation, Aufbewahrung und ihres Transportes, sowie einer freiwilligen Zersetzung derselben vorhanden. Erst später hat man dieses für die explosiven Stoffe allgemein giltige Gesetz, daß mit der Reinheit der Rohmaterialien auch die Gefahrlosigkeit des erhaltenen Explosivstoffes steigt, richtig in seinem ganzen Umfange zu würdigen gewußt. Das Mowbray'sche Verfahren der Nitroglycerin-Fabrikation und die relativ große Gefahrlosigkeit, welche das Mowbray'sche Nitroglycerin in seiner Handhabung bietet, ist ein für die Giltigkeit dieses Gesetzes deutlich sprechender Beweis. Einen ebenso gewichtigen Beweis für dieses Gesetz bietet aber auch das Lenk-Abel'sche Verfahren der Schießwoll-Fabrikation, wie es vielfach zur Anwendung gelangt. In beiden Fällen ist das Gefahrvolle der Fabrikation auf ein Minimum beschränkt.

Von großer Wichtigkeit ist die möglichst vollständige Reinheit der Baumwolle. Die beliebteste Sorte Baumwolle ist unter der Bezeichnung »Sea Island« bekannt und wird benützt, nachdem sie in den Spinnereien von den mechanischen Verunreinigungen, wie Staub, Samenkapseln ꝛc., befreit und zu einer lockern Masse durch Krempeln gekämmt oder auch lose gezwirnt worden ist.

Eine weitere Reinigung der Baumwolle vor ihrer Verwendung besteht darin, daß man sie zur Entfernung des Fettes mit warmer, verdünnter Soda- oder Natronlösung behandelt und dann sorgfältig mit Wasser auswäscht. Noch vollständiger wird die Reinigung, wenn man nach dieser Operation die Baumwolle mit warmer, verdünnter Salpetersäure behandelt, dann wieder vollständig mit Wasser auswäscht und schließlich bei 100—115 Grad trocknet.

Digitized by Google

Die angewendete Salpetersäure hat ein specifisches Gewicht von 1·45—1·50. Sie muß ebenfalls möglichst rein, namentlich chlorfrei sein, weil eine chlorhaltige Säure eine geringere Ausbeute an Schießbaumwolle bewirkt.

Von großer Wichtigkeit ist es auch, daß die Salpetersäure möglichst stark ist. Da bei der Bildung der Schießbaumwolle aus Baumwolle und Salpetersäure gleichzeitig durch die vor sich gehende chemische Umsetzung reichliche Mengen von Wasser entstehen, so würde man, falls man Salpetersäure *allein* anwenden wollte, bald eine so stark mit Wasser verdünnte Säure erhalten, daß letztere überhaupt nicht mehr im Stande wäre, explosive Schießbaumwolle zu erzeugen. Wir würden statt dessen die nur wenig explosive Collodiumwolle erhalten.

Aus diesem Grunde haben schon *Schönbein* und *Böttger* ein *Gemisch* von Salpetersäure mit Schwefelsäure angewendet. Letztere ist bekanntlich eine äußerst begierig Wasser aufnehmende Säure, welche demnach das bei der Darstellung der Schießbaumwolle als Nebenproduct sich bildende Wasser im Augenblicke seines Entstehens bindet. Auf diese Weise bleibt die Salpetersäure während der Dauer des Processes ziemlich in ihrem Concentrationszustande erhalten. Daß natürlich trotz Zusatzes der Schwefelsäure die Salpetersäure dennoch etwas Wasser aufnehmen, also schwächer in ihrer Wirkung werden wird, ist selbstverständlich. Mehr als zweimal läßt sich deshalb auch das Säuregemisch nicht zur Fabrikation von Schießbaumwolle benützen.

Die angewendete englische Schwefelsäure hat ein specifisches Gewicht von 1·85.

Eine Erwärmung des Säuregemisches ist zu vermeiden, weil sonst in Folge einer weitergehenden Zersetzung die schon gebildete Schießbaumwolle weiter oxydirt wird. Es bilden sich dann ähnliche Producte, wie sie bei der zuweilen vorkommenden freiwilligen Zersetzung der Schießwolle bei langjährigem Lagern sich bilden. Das entstehende Product ist dann nicht explosiv.

Digitized by Google

Die gebildete Schießbaumwolle muß auf das Sorgfältigste von der ihr noch anhaftenden Säure durch Auswaschen befreit werden. Bleibt noch Säure in der Schießbaumwolle zurück, so ist letztere weit eher zu plötzlichen freiwilligen Explosionen oder Zersetzungen geneigt. Früher hatte man diesen wichtigen Punkt oft sehr vernachlässigt. Das Auffliegen einer Reihe von Schießwollfabriken war die Folge davon.

Das Trocknen der völlig ausgewaschenen Schießbaumwolle ist gegenwärtig der gefahrvollste Theil der ganzen Fabrikation; es muß mit allergrößter Vorsicht geschehen und darf die Temperatur hierbei nicht über 50—60 Grad steigen.

Die erzielte Ausbeute beträgt im regelmäßigen Fabriksbetrieb 155—175 Theile Schießbaumwolle aus 100 Theilen Baumwolle. Der Theorie nach sollte man etwa 185 Theile erhalten.

Wir besprechen nunmehr die Fabrikation der Schießbaumwolle mit den verschiedenen Abänderungen und Verbesserungen, welche sie im Laufe der Zeit erfahren hat.

Das zuerst bekannt gewordene Verfahren ist, wie bereits erwähnt, das von Otto in der »Augsburger Allgemeinen Zeitung« vom 5. October 1846 veröffentlichte. Er tauchte die Baumwolle eine halbe Minute lang in concentrirte Salpetersäure, welche aus 10 Theilen Kalisalpeter und 6 Theilen englischer Schwefelsäure erhalten wurde. Dann wurde das Product gut gewaschen. Da Otto Salpetersäure allein, ohne Zusatz von Schwefelsäure anwendete, war seine Schießbaumwolle von nicht sehr guter Qualität und namentlich stark verfilzt. Sie mußte deshalb nach beendetem Waschen noch auseinander gezupft werden.

Das Säuregemisch wurde zuerst von Schönbein angewendet, und zwar in dem Verhältniß von 3 Gewichtstheilen Schwefelsäure (specifisches Gewicht 1·85) und 1 Gewichtstheil Salpetersäure (vom specifischen Gewichte 1·45 bis 1·5), entsprechend 1 Volum Salpetersäure auf 2·3 Volumina Schwefelsäure. Auf 1 Theil Baumwolle nahm er 20—30 Theile des Säuregemisches. Nachdem letzteres bei einer Tem-

Digitized by Google

peratur von 10—15 Grad eine Stunde lang eingewirkt hatte, wurde es abgegossen und die entstandene Schießbaumwolle zuerst mit reinem Wasser, dann mit verdünnter Potaschelösung und endlich wieder mit Wasser ausgewaschen. Da die Schießbaumwolle bei ihrer Verbrennung eine geringe Menge Kohlenstoff unverbrannt zurückläßt, so tränkte Schönbein zur Oxydation dieses Kohlenstoffes die ausgepreßte, noch feuchte Schießbaumwolle mit einer 0·6procentigen Lösung von Kalisalpeter. Schließlich wurde das Präparat bei 65 Grad getrocknet.

Karmarsch und Heeren und ebenso Knopp lassen die Baumwolle 4—5 Minuten lang in einer Mischung von 2 Theilen englischer Schwefelsäure und 1 Theil rauchender Salpetersäure liegen.

Walter Crum wendet gekämmte, durch Kochen in verdünnter Natronlauge und Eintauchen in Chlorkalklösung gebleichte Baumwolle an, taucht sie in schwache Salpetersäure, wäscht sie gut aus und läßt sie durch Dampf trocknen. Die getrocknete Baumwolle kommt noch warm in ein Gemisch von 1 Volum Schwefelsäure (specifisches Gewicht 1·84) und 3 Volumen Salpetersäure (specifisches Gewicht 1·517). Auf 1 Theil Baumwolle wendet er 48 Theile dieses Gemisches an. Nach einer Stunde nimmt er die gebildete Schießbaumwolle heraus und trocknet sie nach sorgfältigem Waschen an freier Luft. Aus 100 Theilen Baumwolle erhielt er 178 Theile Schießwolle.

Zu Le Bouchet wurde die Schießwolle auf folgende Weise gewonnen. Je 200 Gr. Baumwolle wurden in 2 Liter eines Gemisches von 1 Raumtheil concentrirter Salpetersäure und 2 Raumtheilen concentrirter Schwefelsäure eingetaucht und darin eine Stunde laug gelassen. Dann wurde die Baumwolle herausgenommen und abgepreßt, wobei $^7/_{10}$ des Säuregemisches wieder gewonnen wurden, hierauf 1—$1^1/_2$ Stunde in fließendem Wasser gewaschen, stark ausgepreßt, wieder 24 Stunden in Holzaschenlauge liegen gelassen, hinterher in fließendem Wasser gut ausgewaschen, dann gepreßt und die ausgepreßte Schießwolle auf einem weit ge-

Digitized by Google

wobenen Leintuche, durch welches mittelst eines Ventilators auf 60 Grad erwärmte Luft getrieben wurde, getrocknet. Die Ausbeute betrug durchschnittlich 165 Schießbaumwolle aus 100 trockener Baumwolle.

Man hat dieses starke Auspressen der noch mit Säure imprägnirten Schießbaumwolle mißbilligt, weil das spätere Auswaschen dadurch bedeutend erschwert werden solle. Bei dem Lenk'schen Verfahren, welches wir nunmehr zu besprechen haben, ist starkes Auspressen überhaupt vermieden.

v. Lenk, nach dessen Methode, wie schon erwähnt, noch jetzt in England die Schießwolle fabricirt wird, hatte besonderes Gewicht auf die möglichste Reinheit der Baumwolle und auf die möglichst vollständige Entsäuerung der Schießbaumwolle gelegt. Nach seinem Verfahren arbeiteten bis zum Jahre 1865 zwei Fabriken in Oesterreich, die zu Hirtenberg bei Wien und die von Reny in Wien.

Die Einzelheiten des Verfahrens waren folgende:

Die zu lose gezwirntem Garn von verschiedenen Dimensionen versponnene und in Stränge von 85 Gr. gefaßte Baumwolle wird an Häkchen in eine siedende Potaschelösung von 1·02 specifischem Gewicht gehängt, um von den Fettstoffen befreit zu werden. Nachdem die Baumwolle 2—3 Minuten lang in der siedenden Lösung verweilte, wird die Potaschelösung aus den Strängen mittelst einer Centrifugal-Trocknungsmaschine möglichst entfernt. Sodann wird die Baumwolle in Körben aus Zinkblech durch Hin- und Herschwenken mit Wasser gewaschen, nochmals ausgeschleudert und schließlich scharf getrocknet.

Die Säuremischung wird auf die Weise bereitet, daß die Salpetersäure von mindestens 1·48—1·49 specifischem Gewicht (bei 14 Grad R.) und die Schwefelsäure von 1·835 specifischem Gewicht in dünnem Strahl aus Ablaßhähnen in einem Steingutgefäß zusammenfließen und gemischt werden, und zwar im Verhältniß von 1:3 dem Gewichte nach. Das Gemisch wird erst nach Abkühlung angewendet.

Je zwei der präparirten Stränge werden mit dem 300fachen Gewicht des Säuregemisches, welches sich in einem

Digitized by Google

gußeisernen wannenartigen Tauchapparat befindet, in innige Berührung gebracht dadurch, daß dieselben mit einer Schaufel bewegt nnd gelinde gedrückt werden. Die Baumwolle soll, wenn vollständig imprägnirt, ein fettähnliches Aussehen haben.

Ist der Sättigungspunkt (nach wenigen Minuten) erreicht, so bringt man die Stränge auf einen über dem Behälter befindlichen Rost und läßt die überschüssige Säure abtropfen, was durch sanftes Pressen zu beschleunigen ist. Ein Theil Baumwolle soll nach dieser Procedur um wenigstens $9^1/_2$ Theile zugenommen haben. Sind etwa 2 Kgr. Baumwolle verarbeitet, so muß das Säuregemisch vollständig erneuert werden.

Wenn 6 Stränge zubereitet sind, welche also in diesem Zustande $5^1/_4$ Kgr. wiegen sollen, so werden dieselben in einem Topf von Steingut 28—48 Stunden gelassen, in welchem eine Tuchscheibe mit leichtem Druck so auf die Stränge gelegt ist, daß dieselben von der imprägnirenden Säure bedeckt sind. Während dieser Zeit, in der sich die Umbildung der Baumwolle zu Schießbaumwolle vollenden soll, stehen die Töpfe in einem Local, dessen Temperatur nicht unter 5 Grad und nicht über 25 Grad steigen darf. Im Winter ist daher Heizung, im Sommer zuweilen Abkühlung (durch fließendes Wasser) erforderlich. Während der ersten 2—6 Stunden müssen die Töpfe überwacht werden, damit einer etwaigen Erwärmung rechtzeitig durch Abkühlen vorgebeugt werden kann. (Nachnitrirung.)

Nach Ablauf dieser Zeit wird die rohe Schießbaumwolle in der Centrifuge vom Säureüberschuß befreit, sodann mit einem großen Quantum Wasser in kupfernen Waschtrommeln in Berührung gebracht und endlich 3—6 Wochen in fließendes Wasser gelegt (in sogenannten Wollwaschkästen). Das soweit gereinigte Präparat wird mit kochender Potaschelösung (von 1·02 specifischem Gewicht) behandelt, dann ausgeschleudert und dann bei 25 Grad an der Luft getrocknet.

Nachdem so der letzte Säurerest fortgenommen ist, wird die Schießbaumwolle in eine Natronwasserglaslösung (von

Digitized by Google

1·072 specifischem Gewicht) einige Zeit getaucht, nach dem Herausnehmen ausgeschleudert und drei Tage lang der Luft ausgesetzt. Während dieser Zeit wird das kieselsaure Natron durch die Kohlensäure der Luft zersetzt und die Kieselsäure oder ein unlösliches Silicat schlagen sich auf die Faser der Schießwolle nieder (der sogenannte Silicirungsproceß).

Zum Schluß wird das Product nochmals in fließendem, möglichst weichem Wasser gewaschen, dann ausgeschleudert und im Freien oder in einem Trockenhause bei höchstens 35 Grad getrocknet. Directes Sonnenlicht ist zu vermeiden. Die Ausbeute betrug im Durchschnitt nach jahrelangen Erfahrungen 165—167 Theile bei Anwendung von 100 Theilen trockener Baumwolle.

Die fertige Schießwolle wurde einer genauen Prüfung in Bezug auf ihre Structur und mittelst der Stangenprobe unterworfen; bei dieser sollten 0·39 Gr. (6 Gran) 42 Grad schlagen; ein Product von geringerer Stärke durfte nur zu Sprengzwecken benutzt werden. Stränge mit zerrissenen Fäden wurden als schlecht ausgeschieden.

Die soeben geschilderte Lenk'sche Methode der Schießwoll-Fabrikation ist in ihren wesentlichen Grundzügen in Stowmarket in England beibehalten worden. Dagegen hat Abel einige wichtige Verbesserungen eingeführt.

Wir wollen dieselben gleichzeitig mit der Fabrikation der gepreßten Schießbaumwolle besprechen.

Die Bereitung der zur Pressung bestimmten Schießwolle erfolgt in genau der gleichen Weise, wie wir sie eben besprochen haben. Man verwendet hierzu stets gute Baumwolle, welche durch entsprechende Bearbeitung im Zusammenhange gelockert wurde und nitrirt sie nach dem Trocknen bei 40—45 Grad C. in bekannter Weise. Besonderes Gewicht ist auf die gründliche Entsäuerung des Productes zu legen. Da bekanntlich die Baumwollfasern, welche wir als langgestreckte Zellen kennen gelernt haben, im Innern durch ihre Capillarität Nitrirsäure festhalten, ist es erforderlich, da diese durch Waschen mit fließendem Wasser nicht vollständig zu entfernen ist, die Wolle nach

Digitized by Google

dem Auswaschen gründlich zu zerkleinern. Es geschieht dies nach dem Abel'schen Verfahren in der Weise, daß die fertige Wolle in einen Holländer gegeben wird. Derselbe besitzt die gleiche Einrichtung, wie die in den Papierfabriken zur Zerkleinerung der Hadern verwendeten Maschinen, welche durch rasches Rotiren einer mit Messern versehenen Walze gegen feststehende Messer das Zerreißen und gänzliche Zermalmen der eingeführten Schießbaumwolle unter Wasser bewirken, wodurch gleichzeitig alle Verunreinigungen aufgenommen werden.

In den Schießwollfabriken werden diese Holländer auf erhöhten Plattformen aufgestellt, um den schließlich resultirenden Schießwollbrei ohne Schwierigkeit ablassen zu können. Das Holländern wird so lange fortgesetzt bis in der in Bearbeitung befindlichen Schießwollpartie die Structur der einzelnen Fasern nicht mehr erkennbar ist. Dieser Zustand wird in der Weise beurtheilt, daß man eine Probe mittelst eines Glases ausschöpft; der Brei soll milchig erscheinen und beim Schütteln des Inhaltes keine größeren Theilchen an den Wandungen absetzen. Man kann annehmen, daß das Holländern etwa 12 Stunden dauert, doch muß es unbedingt so lange fortgesetzt werden, bis das abfließende Spülwasser keine saure Reaction mehr zeigt. Durch das Zerkleinern werden nämlich die mit Säure erfüllten Hohlräume der Zellen erschlossen und nun kann die Säure durch Wasser entfernt werden. Um den Nachweis der Säure deutlich zu führen, darf in diesem Stadium der Fabrikation nicht Lackmuspapier angewendet werden, sondern das beiweitem empfindlichere Jodkalium-Stärkepapier, welches, wenn noch Säure anwesend ist, mehr oder minder stark gebläut wird.

Nun kommt der Brei in den Rührholländer, auch Patscher genannt. Es ist dies ein länglicher Holzbottich, in welchem sich der Längsachse nach eine Holzwand befindet, welche sich jedoch nicht an die Stirnseite des Bottichs anschließt. In einer der beiden hierdurch entstehenden Abtheilungen bewegt sich ein bis nahe an den Boden reichendes Schaufelrad, welches die ganze im Holländer befindliche

Digitized by Google

Breimasse in steter Bewegung erhält. Ueberdies wird zeitweise, nachdem man den Brei absitzen ließ, das überstehende Wasser vorsichtig abgezogen und durch reines ersetzt. In diesen Bottichen wird auch das Alkali zugegeben, und zwar gewöhnlich etwa 2 Gewichtstheile Alkali auf 100 Gewichtstheile Schießwolle. Man verwendet fast allgemein Bergkreide, kohlensauren Kalk, da die Anwendung von Soda ungünstig auf die Beschaffenheit der Schießwolle einwirkt, und auch in ganz geringem Grade eine Denitrirung stattfindet.

Wenn die Schießwolle genügend gewaschen und entsprechend mit dem Alkali verrührt ist, wird an das Pressen geschritten. Zu diesem Zwecke wird zunächst der Brei absitzen gelassen, indem man ihn im Rührholländer oder in eigenen Bottichen mehrere Stunden in voller Ruhe beläßt. Nach dem Decantiren des Wassers kommt der Brei in einen mit durchlöchertem Boden versehenen Holztrog, in welchem er noch weiter vom Wasser befreit wird.

Nun wird zunächst das Vorpressen vorgenommen. Es hat den Zweck, dem Schießwollkörper seine zukünftige Grundform zu geben und bringt den weiteren Vortheil mit sich, daß bei der eigentlichen Pressung kein zu großer Kolbenhub erforderlich ist. Der aus den Holztrögen entnommene Brei wird mittelst eines Trichters und eines Holzstäbchens leicht in die Vorpreßform gestopft. Dies ist eine starke bronzene Büchse, deren Hohlraum dem Querschnitte des in derselben zu pressenden Schießwollkörpers entspricht. Indem man vorerst die Form in einer geeigneten Vorrichtung mit einer Saugpumpe in Verbindung bringt, wird ein großer Theil des im Brei enthaltenen Wassers entfernt. In der Vorpresse, welche in der Regel mit Maschinkraft, seltener mit der Hand betrieben wird, werden die Körper so weit gepreßt, daß sie noch etwa 50 Procent Wasser enthalten. Sie sind dann noch dreimal so hoch als nach der Vollendung. Die vorgepreßten Schießwollkörper werden nun auf einer gewöhnlichen Wage gewogen, die zu leichten ausgeschieden, die zu schweren durch Abkratzen an einer Basis auf das erforder-

Digitized by Google

liche Gewicht justirt. Es ist dies nothwendig, um nach dem eigentlichen Pressen Körper von gleicher Dichte zu erzielen. Beim Justiren ist auf das noch vorhandene Wasser Rücksicht zu nehmen, d. h. z. B. soll der fertige Körper 100 Gr. wiegen, so muß derselbe, aus der Vorpresse kommend, auf das Gewicht von 150 Gr. gebracht werden, da noch 50 Procent Wasser in demselben enthalten sind.

Zur Vornahme der eigentlichen Pressung dienen hydraulische Pressen, welche mit einem Druck von 600 Atmosphären arbeiten. Die Preßformen sind starke stählerne Cylinder, welche in der Längsachse von einem Canal durchsetzt sind, dessen Querschnitt jenem der damit darzustellenden Schießwollkörper entspricht. Die Höhe der Form übersteigt um das Dreifache die Höhe des darin niederzupressenden Schießwollkörpers, nachdem zu Beginn der Pressung ein vorgepreßter Körper und die Widerlagsstücke, Steine genannt, vollständig eingeführt werden müssen. Diese Steine sind aus Stahl gefertigt, besitzen den Querschnitt der Formhöhlung und eine mäßige Höhe. In der Richtung der Achse laufen viele feine Canäle, welche den Austritt der Luft und das Abfließen des Wassers während der Comprimirung gestatten.

Die Pressen sind derart aufgestellt, daß sowohl die umliegenden Gegenstände, als auch das arbeitende Personal im Falle einer Explosion vor den herumfliegenden Stücken geschützt sind. Je nach der Anlage bestehen die Schutzvorrichtungen aus Mauern, hölzernen Doppelwänden mit Sandfüllung u. dgl. Die Griffräder, durch welche die Preßventile geöffnet werden können, befinden sich ebenfalls in dem geschützten Raume.

Das Pressen selbst kann in zweierlei Weise vorgenommen werden, entweder wird nach Maß gepreßt, indem die Preßkolben nur einen bestimmten Weg zurücklegen, oder es wird auf Druck belassen, wobei dann der volle Druck der Presse auf die Körper längere Zeit einwirkt, welche dann eine besonders hohe Dichte erreichen. Nach erfolgter Pressung drückt ein Kolbenhub mittelst der Stempel die comprimirten Schießwollkörper sammt den Steinen aus den Formen. Die auf

Digitized by Google

diese Weise erhaltenen comprimirten Schießwollkörper besitzen eine Dichte von 1·00—1·200 und enthalten beiläufig 12 Procent Wasser.

Die Form, welche man während der Pressung den Schießwollkörpern ertheilt, ist verschieden. Gewöhnlich wird die Cylinderform gewählt. Die sogenannten Bohrpatronen sind Schießwollcylinder von verschiedenem Durchmesser mit einer Höhe bis zu 100 Mm. und werden theilweise auch direct in Papierhülsen eingepreßt. Sie werden zumeist für Bergwerkszwecke hergestellt und sind in der Regel mit einem Mischpulver vermengt. Eine Eigenthümlichkeit dieser Bohrpatronen ist es, daß bei denselben der Canal zum Einsetzen der Zündkapsel durch die Presse hergestellt wird. Dieser Canal ist an seiner Mündung etwas weiter als am Boden. Bei allen anders geformten Schießwollkörpern wird der Zündcanal erst nachträglich in den fertig gepreßten Körper gebohrt, da bei diesen die Pressung unter höherem Drucke erfolgt als bei der Herstellung der Bohrpatronen. Außer den genannten werden auch sechs- und vierseitige Prismen hergestellt. Die zur Ladung der Fischtorpedos verwendeten gepreßten Schießwollkörper sind verschieden geformt und dazu bestimmt, den vordersten hohlen Theil des Fischtorpedos vollkommen auszufüllen, dem sie daher auch angepaßt sein müssen. Da die Ausfüllung kleiner Räume durch die hierzu nöthige Bearbeitung der Schießwollkörper schwierig ist, findet häufig auch zu diesem Zwecke das Schießwollkornpulver Anwendung, welches aus gering dimensionirten, würfelförmigen oder prismatischen Schießwollkörpern besteht, die durch mechanische Bearbeitung, Zerschneiden mittelst einer Säge aus größeren Schießwollkörpern erhalten werden.

Die gepreßten Schießwollkörper werden nun noch einer weiteren mechanischen Bearbeitung unterzogen, welche eine Veränderung der Form derselben bezweckt, um sie für den Gebrauch geeignet zu machen. Auch das Bohren des Zündcanals muß nun noch vorgenommen werden. Da die Feuergefährlichkeit der Schießwolle durch die bei der Bearbeitung entstehende locale Erhitzung beträchtlich gesteigert wird,

Digitized by Google

dürfen zur Bearbeitung mit Werkzeugen und Maschinen grundsätzlich nur vollständig durchnäßte Schießwollkörper verwendet werden. Zum Bohren dienen Bohrer von verschiedener Form. Die Beschaffenheit der Oberfläche wird mit Messern, Bandsägen, Feilen, Raspeln u. s. w. erreicht.

Häufig werden die Schießwollkörper auch noch paraffinirt, wobei sie in Paraffin, dessen Schmelzpunkt zwischen 50 bis 55 Grad C. liegt, eingetaucht werden. Je nach der Zeit, die man sie im Paraffinbade beläßt, werden sie nur oberflächlich oder durch und durch paraffinirt.

Sehr wichtig ist es, daß die gepreßte Schießwolle eine viel größere Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Impulse besitzt als andere ihr verwandte Explosivstoffe. Ein aus nächster Nähe aus einem Infanteriegewehr moderner Art abgefeuertes Gewehrprojectil durchdringt eine Masse nasser Schießwolle wie einen beliebigen indifferenten Körper, ohne daß eine Entzündung oder eine Explosion hervorgerufen wird. Wird trockene gepreßte Schießwolle beschossen, so brennt nur die direct getroffene trockene Stelle. Da die nasse Schießwolle beiweitem ungefährlicher zu handhaben ist, als die trockene, wird in der marinen Sprengtechnik fast allgemein naß gepreßte Schießwolle angewendet, welche in entsprechenden Gefäßen luftdicht eingeschlossen wird. Zur Herbeiführung der Detonation ist dann blos eine Quantität trocken gepreßter Schießwolle nöthig, durch deren Explosion, die mittelst Knallqueckſilber eingeleitet wird, auch die nasse Schießbaumwolle zur Explosion gebracht wird, und zwar in der gleichen Weise, als wenn sie trocken wäre.

Die gepreßte Schießwolle dominirt unter allen Sprengstoffen derzeit auf dem Felde der submarinen Waffentechnik und dient als Hauptladung für die modernen selbstbeweglichen Torpedos und die schlummernden Seeminen. Als Ladung für Fischtorpedos, einerlei welchen Systems, wird ausschließlich gepreßte Schießwolle verwendet, deren Feuchtigkeitsgehalt zwischen 12 und 25 Procent beträgt. Auch zur Sprengladung für Seeminen findet sie fast ausschließlich Anwendung. Sie kann überdies auch für feldmäßige und Kriegsspren-

Digitized by Google

gungen im Allgemeinen, wie auch zur Füllung von Hohlgeschossen Verwendung finden.

Trotz ihrer guten Eigenschaften kann die gepreßte Schießwolle zur Sprengung für civiltechnische Zwecke leider nur sehr beschränkte Anwendung finden, da sie einerseits zu theuer ist, andererseits aber bei der Verbrennung auch unangenehme Gase entwickelt, die ihre Verwendung in Bergwerken ausschließen. Ueberdies fehlt ihr nebst anderen erwünschten Eigenschaften auch die Plasticität, welch' letztere allen Dynamiten eigen ist und bei Sprengungen im Gestein des leichten Ausfüllens der Bohrlöcher wegen von Bedeutung ist. Wegen der hohen Brisanz ist die gepreßte Schießwolle für Sprengungen im Terrain überhaupt nur bei harten Gesteinen zu empfehlen.

In neuerer und neuerster Zeit wurden, wie bei der Wichtigkeit des Gegenstandes begreiflich, verschiedene Verbesserungen in der Fabrikation der Schießbaumwolle, welche jedoch größtentheils maschinelle Einrichtungen betreffen, eingeführt. Insbesondere die Construction der Nitrirgefäße, und die zweckmäßige Trennung der nitrirten Cellulose von der Säure hat viele Erfinder beschäftigt, und wurde in mehr oder minder glücklicher Weise gelöst.

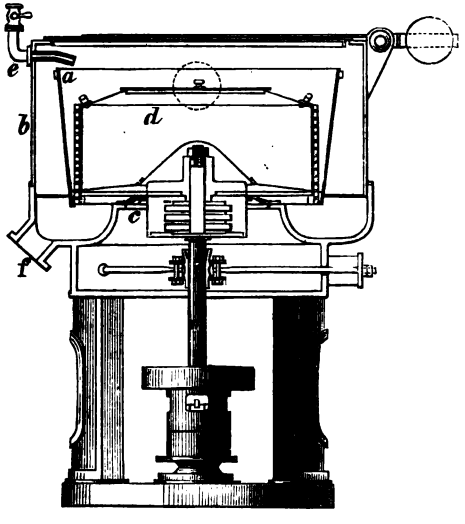
Die Nitrirung wird allgemein in gußeisernen Gefäßen vorgenommen, welche mit Vorrichtungen zur Abkühlung, beziehungsweise Anwärmung des Säuregemisches versehen sind. Der Versuch, die Nitrirgefäße aus Aluminiumblech herzustellen, war nicht von Erfolg begleitet, da durch das Säuregemisch Aluminium zu stark angegriffen wird.

Eine sehr zweckmäßige Neuerung in der Construction der Nitrirgefäße wurde von der Rheinisch-Westphälischen Sprengstoff-Actiengesellschaft angegeben, hierbei ist der Nitrirapparat mit einer Absaugevorrichtung verbunden. Man läßt zunächst das Säuregemisch auf die zu nitrirende Baumwolle einwirken, und nach Beendigung des Processes wird ein im unteren Theile des Apparates angebrachter Hahn geöffnet, welcher diesen mit einem birnenförmigen Gefäße in Verbindung bringt, aus welchem ein Theil der Luft

Digitized by Google

evacuirt wurde. Der äußere Luftdruck preßt nun die Säure in diese Birne, und in sehr kurzer Zeit, höchstens in einer Minute, ist die Nitrocelluloſe von der größten Menge des Säuregemisches befreit. Es wird durch diese Einrichtung nicht nur die Uebertragung der Nitrocelluloſe in die Centrifuge wesentlich erleichtert, und an Zeit und Arbeit gespart,

Fig. 25.



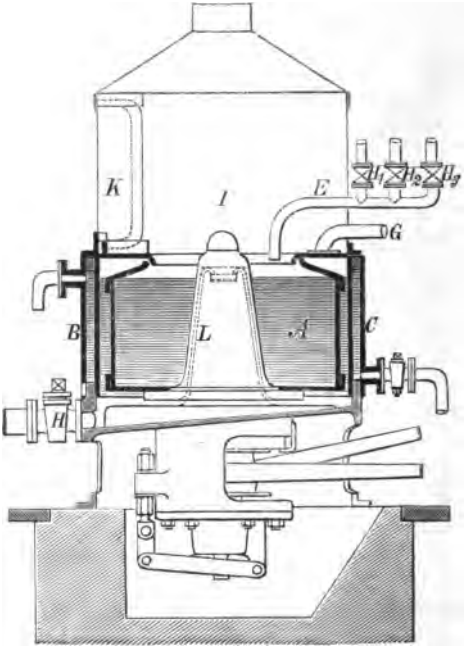
sondern es wird das sonst auch bei der besten Ventilation äußerst unangenehm zu empfindende Auftreten der Säuredämpfe fast vollständig vermieden.

Eine ähnliche Construction wurde von der Sudenburger Maschinenfabrik (D. R. P. 58381) angegeben, sie besteht aus einer geschlossenen Centrifuge, welche gleichzeitig Nitrir- und Trockenvorrichtung ist. In Fig. 25 ist diese Vorrichtung abgebildet. Auf die Achse m der Centrifuge ist das mit schräg gestellten Seitenwänden versehene Gefäß a befestigt. Es umschließt den gelochten Behälter d, welcher zur Auf-

Digitized by Google

nahme der zu nitrirenden Baumwolle dient. Um das Auftreten von Säuredämpfen zu verhindern, befindet sich die ganze Vorrichtung innerhalb des verschließbaren Gefäßes b. Eine Membran c liegt, solange sich das Gefäß a in Ruhe

Fig. 26.



befindet, auf dem Rande des Gefäßes b und dichtet den eingeschlossenen Raum gegen außen hin ab. Wird die Centrifuge in Rotation versetzt, so hebt sich diese Membran ab und die durch e eintretende Säure kann nach dem Ausschleudern bei f abgelassen werden.

Die Nitrircentrifuge von Selwig & Lange (D. R. P. 64447) in Fig. 26 im Querschnitte dargestellt, besteht im

Digitized by Google

Wesentlichen aus einer Centrifuge mit gelochter Trommel A. Die Nitrirsäure befindet sich in dem Gehäuse der Centrifuge B, welches die Trommel in möglichst geringem Abstande umgiebt. Das Innere des Gehäuses communicirt mit dem Innern der Trommel vermittelst der Löcher des Trommelmantels, so daß die Nitrirsäure auch die Trommel anfüllt. Das Charakteristische dieser Nitrircentrifuge ist, daß der Säurebehälter B wie bei einem gewöhnlichen Nitrirapparate feststeht, und eine gelochte Schleudertrommel, in welcher sich das Nitrirgut befindet, in demselben drehbar angeordnet ist. Das Gehäuse der Centrifuge ist also gleichzeitig Säurebehälter, beziehungsweise Nitrirgefäß. Der Inhalt der letzteren kann sowohl vor, wie während des Nitrirens abgekühlt oder erwärmt werden. Zu diesem Zwecke besitzt das Gehäuse B einen Doppelmantel, durch dessen Zwischenmantel C je nach Bedarf kaltes oder warmes Wasser circulirt. Auch kann an Stelle des Doppelmantels in den Raum zwischen Trommel und Gehäuse eine Rohrschlange oder eine andere zweckentsprechende Kühl-, beziehungsweise Heizvorrichtung angebracht werden. Die Spindel der Trommel läuft in festen Lagern, einem unteren Spurlager und einem Halslager, welches innerhalb der konischen Erhöhung L angeordnet, ist, die ihrerseits in eine entsprechende konische Höhlung im Trommelboden so weit hineinragt, daß ihr oberer Rand über dem Säurespiegel liegt, wenn der Apparat gefüllt ist. Ein Ueberlaufrohr verhindert ein zu hohes Anfüllen des Apparates. Der Antrieb erfolgt, wie bei dieser Art Centrifugen üblich, mittelst Riemenscheiben von unten.

Der Säurebehälter B hat einen geneigten Boden an dessen tiefster Stelle die Ausflußöffnung, welche durch den Hahn H verschlossen werden kann, sich befindet. Ein ringförmiger, bis über den Innenrand der Trommel angebrachter Deckel verhindert, daß beim Eintragen des Rohmateriales, beziehungsweise Entleeren des fertigen Productes Theile desselben in den Zwischenräumen von Nitrirgefäß und Trommel fallen. Im Uebrigen besitzt die Nitrircentrifuge alle jene Einrichtungen, mit welchen

Digitized by Google

die gewöhnlichen, bislang angewandten Nitrirapparate versehen sind.

Ueber dem Apparate befindet sich der Dunstfang I, dessen oberer Theil mit einem Exhaustor in Verbindung steht und mit einer Arbeitsthür K versehen ist. Auf diese Weise wird einer Verunreinigung des Arbeitsraumes durch Säuredämpfe vorgebeugt. G ist ein Abzugsrohr, welches die während des Schleuderns sich bildenden Säuredämpfe nach einem Exhaustor abführt. E ist das Säurezuflußrohr und ist vermittelst der Hähne H_I, H_{II} und H_{III} mit den verschiedenen Nitrirsäurebehältern verbunden.

Mit der Nitrircentrifuge wird in folgender Weise gearbeitet: Man läßt, nachdem Hahn H geschlossen, durch Oeffnen der Hähne H_I, beziehungsweise H_{II} Nitrirsäure durch das Rohr E einlaufen. Befindet sich die gewünschte Säuremenge in dem Apparate, was durch eine Marke oder durch einen Schwimmer festgestellt wird, so trägt man den zu nitrirenden Stoff in die Trommel A ein. Nach Beendigung des Nitrirprocesses öffnet man, während die Centrifuge sich noch in Ruhe befindet, den Hahn H, wodurch der größte Theil der Säure von dem Producte durch die Löcher der Trommel abfließt. Hierauf wird die Centrifuge in Bewegung gesetzt und so der Rest der Säure bis auf einen geringen Theil, welcher durch Centrifugiren überhaupt nicht entfernt werden kann, abgeschleudert. Nach Stillsetzen der Trommel wird der nitrirte Stoff aus dem Apparate herausgenommen, in ein Transportgefäß gebracht und in der Waschstation in bekannter Weise mit Wasser gewaschen.

Nach Schließen des Hahnes H wird die Ablauf- und die Centrifugensäure durch Oeffnen des Hahnes H_{III} zum größten Theile in den Apparat zurückbefördert, bis zu einem bestimmten Volumen mit frischer Säure vermischt, um alsdann wieder zur nächsten Operation verwendet zu werden.

Als ein nicht unwesentlicher Vortheil der Selwig & Lange'schen Nitrircentrifuge ist der Umstand zu erwähnen, daß bei ersterer vor Beginn des Schleuderns durch das Oeffnen des Hahnes H nicht nur der Säurebehälter, sondern

Digitized by Google

auch die Trommel von der darin befindlichen Säure entleert wird. Es ist daher beim Schleudern weder eine völlig mit Säure gefüllte, daher sehr schwere Trommel in Umdrehung zu versetzen, noch findet dabei ein Abschleudern der Säure über den Rand der Trommel hinweg statt, was zu starker Entwicklung von Säuredämpfen Veranlassung giebt.

Ferner wird es dadurch, daß bei dem Selwig & Lange'schen Apparat der Säurebehälter nicht mit der Trommel rotirt, sondern feststeht, möglich, denselben mit einer Vorrichtung zur Regulirung der Temperatur der darin enthaltenen Säure sowohl vor wie während des Nitrirens zu versehen. Es braucht wohl nicht erst hervorgehoben zu werden, wie ungemein wichtig eine solche Einrichtung zur Erzielung eines gleichmäßigen und bestimmten Nitrirproductes ist. Mit dieser Centrifuge ist man ihm Stande, innerhalb zehn Arbeitsstunden circa 66 Kgr. Baumwolle zu nitriren, aus welchen man, je nach dem Grade der Nitrirung, 93 bis 112 Kgr. Schießbaumwolle erhält.

Auch nach der gründlichsten Ausschleuderung der Schießbaumwolle in den Centrifugen bleibt in den Capillaren der Wolle stets noch eine gewisse Quantität der zur Nitrirung verwendeten Säure zurück, deren Menge etwa 0·05—0·06 Procent beträgt. Um der Schießbaumwolle die nöthige Lagerbeständigkeit zu ertheilen, ist es unbedingt erforderlich, diesen Säurerest zu entfernen, was durch gründliche Waschung der nitrirten Wolle erreicht wird. Zu diesem Zwecke vertheilt man sie sehr fein in Holländern, indem man sie gleichzeitig mit großen Quantitäten Wasser in Berührung bringt. Um sich jedoch zu vergewissern, daß die Entsäuerung beendigt ist, werden gewisse Proben vorgenommen. So pflegt man z. B. etwa 1 Gr. der bei einer Temperatur von 5—10 Grad getrockneten Schießbaumwolle in einem Reagenzglase auf 80 Grad zu erwärmen, und gleichzeitig die Zeit zu beobachten, welche verstreicht, ehe ein in das Reagenzglas eingehängter, mit Jod-Zink-Stärkelösung getränkter Filtrirpapierstreifen sich zu bläuen beginnt. Genügend ausgewaschene

Digitized by Google

Schießwolle darf innerhalb einer Stunde das Papier nicht bläuen.

Ein verbesserter Apparat, welcher auch gleichzeitig dazu dient, die Stabilität des aus der Schießbaumwolle erzeugten rauchschwachen Pulvers zu prüfen, ist im Folgenden beschrieben: Mittelst desselben werden die zu prüfenden Producte einer Temperatur von 130—132 Grad C. ausgesetzt, und drei Punkte ins Auge gefaßt: 1. Beginn der Zersetzung, gekennzeichnet durch die Entwicklung von Säuredämpfen, die ein blaues Lackmuspapier, das in bestimmter Höhe von der in einer Glasröhre befindlichen Probe angebracht ist, schwach röthen; 2. deutliche Bräunung des unteren Theiles der Glasröhre durch die gebildete Untersalpetersäure; 3. Zeitpunkt der totalen Zersetzung durch die Explosion der Masse.

Der zur Durchführung dieser Probe geeignete Apparat ist aus beistehender Fig. 27 ersichtlich. Der aus Kupfer gefertigte und außen vernickelte Apparat wird durch den Einfülltrichter E bis $^2/_3$ seiner Höhe mit Amylalkohol gefüllt. Der käufliche Amylalkohol ist auf seinen Siedepunkt zu prüfen und eventuell fractionirt abzudestilliren. Durch Anwendung einer Füllflüssigkeit von einem Siedepunkte, welcher der gewünschten Temperatur entspricht, fällt jede weitere peinliche Beobachtung der Temperatur, also auch die Anwendung eines Thermoregulators weg. Als Kühler K hat sich der Soxhlet'sche Kugelkühler bestens bewährt.

Das Thermometer T ragt mit seinem Quecksilbergefäß tief in den Apparat und ist außerhalb desselben mit einer Metallhülse vor dem Zerbrechen geschützt, die Scala desselben beginnt mit 60 Grad C., welcher Punkt außerhalb des Apparates befindlich ist.

Die in concentrischen Kreisen in den Apparat gasdicht eingelötheten Metallröhren sind 34 Cm. lang und von $2^1/_2$ Cm. innerer Lichte. Die allzu große Wärmeausstrahlung kann man durch irgend eine Isolirmasse, z. B. Asbestplatten, mit denen die Mantelfläche belegt wird, verhüten. Der

Digitized by Google

Apparat selbst ruht auf einem aus starkem Eisenblech gefertigten Mantelunterſatze M.

Die Probe selbst wird derart ausgeführt, daß man 3 Gr. Nitrocellulose oder Pulver in die aus Glas gefertigten, 34 Cm. langen, einerseits rund abgeschmolzenen Stabilitäts-

Fig. 27.

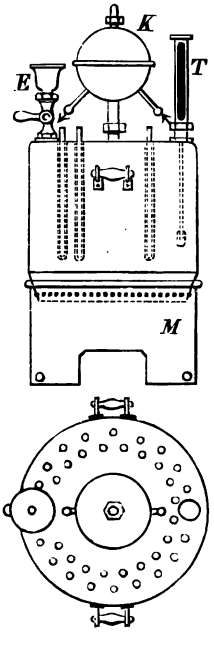
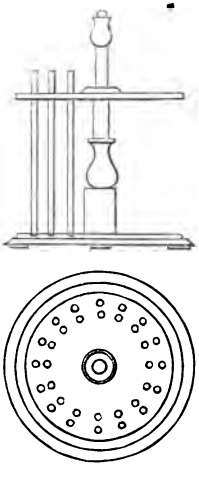


Fig. 28.

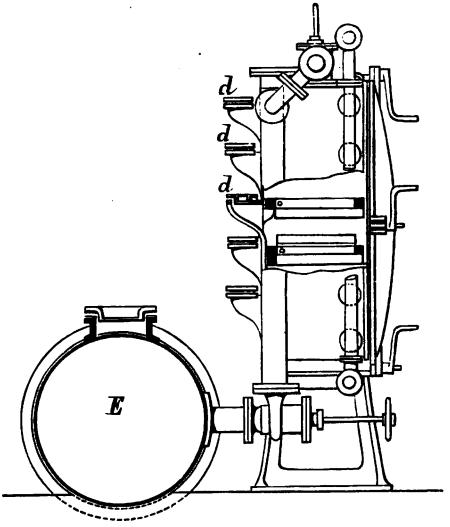


röhren bringt und dieselben mit einem Kork, der seitlich zwei bis drei eingefeilte Längsrinnen besitzt, verschließt. Sobald das Thermometer des Apparates die Temperatur 130 Grad C. zeigt, werden die Glasröhren in die Metallröhren des Apparates gesteckt und die Zeit, die bis zum Eintritte der obigen drei Stadien erforderlich ist, notirt. Bei einzelnen Sprengstoffen, wie bei gut bereiteter Schießbaum-

Digitized by Google

wolle, wird das dritte Stadium gewöhnlich nicht abgewartet, da bis zum Eintritt desselben eine sehr lange Zeit nothwendig ist. Gute Schießbaumwolle hält sich mindestens 1 Stunde 15 Minuten vollkommen stabil. Ein passendes Gestell für die mit den Proben beschickten Stabilitätsröhren ist ohne weitere Erklärung aus Fig. 28 ersichtlich gemacht.

Fig. 29.



Nach Beendigung des Waschprocesses erfährt die Schießbaumwolle, je nachdem dieselbe als Sprengladung, beispielsweise zur Füllung von Hohlgeschossen, oder zur Fabrikation rauchschwachen Pulvers verwendet werden soll, eine verschiedene Behandlung. Im letzteren Falle muß die Schießbaumwolle vorher getrocknet werden, was ihrer elektrischen Eigenschaften und insbesondere ihrer leichten Verstaubbarkeit wegen durchaus keine ungefährliche Operation bildet. In neuerer Zeit wird allerdings dieser Trocknungsproceß umgangen (siehe den Abschnitt über rauchschwaches Pulver),

Digitized by Google

doch wollen wir an dieser Stelle auch des von E. Paßburg angegebenen Apparates erwähnen, welcher überhaupt zum Trocknen aller Explosivstoffe Anwendung finden kann.

Dieser Vacuumtrockenschrank (D. R. P. 56330) Fig. 29 ist zum Zwecke der Erlangung der größten möglichen Sicherheit bei stattfindenden Explosionen mit mehreren Sicherheitsvorrichtungen ausgestattet. Als Sicherung gegen die Gefahr des Zerspringens des Apparates bei Entzündung kleiner Mengen der zu trocknenden Substanz ist an denselben ein leeres Gefäß E angeschlossen, in welches die entwickelten Gase expandiren können, während bei Entzündung größerer Mengen durch die hierdurch entstehende Spannungszunahme die seitlich angebrachten und während des Betriebes durch das Vacuum geschlossen gehaltenen Verschlußdeckel d aufgeschleudert werden.

Um die Schießbaumwolle zu körnen, werden die nach dem Behandeln im Holländer aus dem Schießwollenbrei durch geeignete Maschinen hergestellten Blätter oder Scheiben zu Stückchen von der erforderlichen Größe zerschnitten, oder der noch Wasser und außerdem eine geringe Menge Bindemittel enthaltende Zeug wird in ein Gefäß gebracht, welchem man eine schwingende Bewegung ertheilt, wodurch er rasch in Körnchen von verschiedener Größe verwandelt wird, die dann sortirt werden können.

Mackie und Faure haben zur Herstellung von gekörnter Schießbaumwolle folgendes Verfahren in Vorschlag und Anwendung gebracht.

Die Schießbaumwolle wird mit rasch rotirenden Circularmessern zerschnitten und passirt schließlich durch Walzen, aus denen sie äußerst fein zertheilt mit vernichteten Haarröhrchen herauskommt. Hierauf wird sie mit Salpeter und Zucker vermengt — auf 67 Theile Wolle 28 Theile Zucker und 5 Theile Salpeter — und die Mischung mittelst Drahtsieben granulirt.

Das Trocknen geschieht in ungefähr auf 38 Grad erhitzten, dicht verschließbaren Pfannen, in welchen mittelst einer Pumpe ein luftverdünnter Raum erzeugt wird.

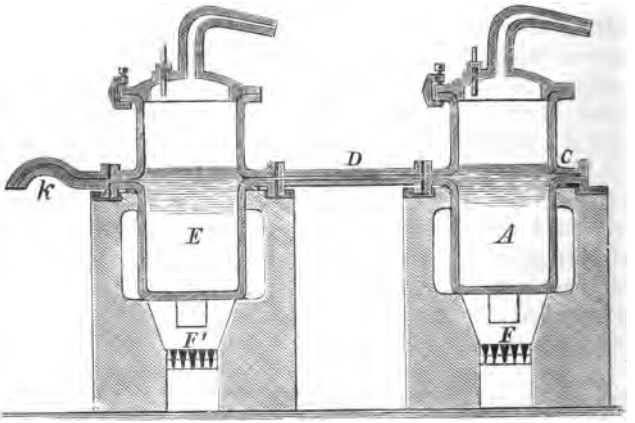
Digitized by Google

Ein vermehrter Zusatz von Zucker und Salpeter vermindert hierbei die Explosions-Heftigkeit der Wolle.

Ueber die Art und Weise der Körnung, wie sie in neuerer Zeit, insbesondere zur Darstellung des rauchschwachen Pulvers vorgenommen wird, werden wir in dem betreffenden Abschnitte sprechen.

Wiedergewinnung der Abfallsäure. Wie schon aus dem im Allgemeinen über die Nitrirung der Cellulose

Fig. 30.



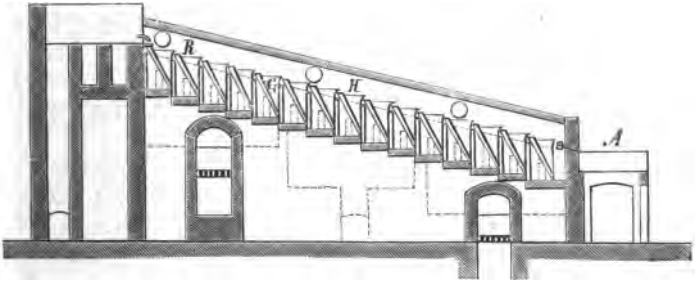
Mitgetheilten ersichtlich, ist zur Ausführung der Nitrirung ein Ueberschuß des Säuregemisches nöthig, welches nur zum geringsten Theile aufgebraucht wird. Es war daher naheliegend, und die stetig sinkenden Preise der Schießbaumwolle haben insbesondere viel dazu beigetragen, die zur Nitrirung verwendeten Säuren — Salpetersäure und Schwefelsäure — so vollständig als möglich wieder zu gewinnen. Zu diesem Zwecke ist es nöthig, eine Trennung der beiden Säuren durchzuführen, welche auf dem Principe beruht, daß Salpetersäure bei niederer Temperatur flüchtiger ist als Schwefelsäure.

Der von Chardonnet (D. R. P. 56655) angegebene Apparat (Fig. 30) besteht aus zwei, durch ein Ueberlaufrohr miteinander in Verbindung stehenden Destillirblasen.

Digitized by Google

Durch den Rohransatz C wird das Salpetersäure-Schwefelsäuregemisch in die erste Blase A eingeführt, und in dieser constant auf 130—170 Grad erhitzt. Es destillirt eine ziemlich reine Salpetersäure ab, während die gereinigte Schwefelsäure zu Boden sinkt und durch das Rohr D nach der zweiten Blase E geleitet wird. In dieser wird es auf einer Temperatur von 200—210 Grad erhalten. Bei derselben destillirt schwache Salpetersäure ab, während die auf circa 62 Grad Bé. concentrirte Schwefelsäure zu Boden sinkt und durch das Rohr K abgezogen wird. Die Feuerung erfolgt von F und F' aus.

Fig. 31.



Während dieser Apparat vornehmlich die Wiedergewinnung der im Nitrirungsgemische enthaltenen Salpetersäure bezweckt, wurden auch Vorrichtungen construirt, welche es gestatten, die Schwefelsäure in einer für die abermalige Verwendung zur Nitrirung geeigneten Concentration zu erhalten. Ein derartiger Apparat zur Concentration der Schwefelsäure wurde von Ch. Négrier angegeben, die Schwefelsäure fließt, während sie gleichzeitig einer entsprechenden hohen Temperatur ausgesetzt ist, über terrassenförmig angeordnete Concentrationsgefäße herab. Dieser sehr ähnlich ist die Einrichtung von G. Webb (D. R. P. 61755), welche Fig. 31 veranschaulicht.

Diese Vorrichtung von G. Webb besteht aus einer Anzahl cylindrisch oder beckenartig gestalteter Gefäße G aus

Digitized by Google

Glas, oder besser Porzellan, welches säurebeständiger ist, welche treppenförmig in einem gemeinsamen Heizraume H angeordnet sind. Jedes der Gefäße ist mit einer Ueberlaufschnauze versehen und enthält eine oben und unten offene Glasröhre R, welche bewirkt, daß die aus einem Gefäße ablaufende Säure durch das Glasrohr des nächsten niederen Gefäßes auf den Boden desselben gelangt. Diese einfache Vorrichtung bewirkt also, daß die dünnere, also specifisch leichteste Säure immer wieder auf die heißesten Stellen der Concentrationsgefäße trifft, wodurch eine wesentliche Ersparniß an Brennmaterial erzielt wird. Schließlich erhält man eine Säure von entsprechender Stärke, welche in A aufgefangen wird.

Die Eigenschaften der Schießbaumwolle. Höchst merkwürdig ist es, daß die Baumwolle bei ihrem Uebergange in Schießbaumwolle äußerlich so gut wie gar nicht sich verändert, trotzdem innerlich so große chemische Veränderungen mit ihr vorgegangen sind.

In der That läßt sich Schießbaumwolle von Baumwolle durch das äußere Ansehen nur sehr schwierig unterscheiden, Schießbaumwolle ist etwas weniger weiß, fühlt sich außerdem meistens etwas härter an und knirscht beim Zusammendrücken leise. Auch ist sie specifisch schwerer als Baumwolle.

Unter dem Mikroskop im polarisirtem Licht betrachtet, erscheinen die Fäden der Schießbaumwolle wenig hell, sie zeigen keine oder schwache Farben, während die Fäden der Baumwolle sehr hell und mit dem schönsten Farbenspiel sich zeigen.

Am raschesten kann man Baumwolle von Schießbaumwolle durch Reiben unterscheiden. Die Schießbaumwolle wird nämlich beim Reiben, besonders in mäßiger Wärme, stark elektrisch, so daß die Fasern eines zwischen den Fingern geriebenen Klumpens an einer trockenen Hand haften.

Am sichersten jedoch wird man Schießbaumwolle von Baumwolle durch die Explodirbarkeit der ersteren unterscheiden können. Die Schießbaumwolle explodirt durch Schlag oder

Digitized by Google

Stoß mit harten Körpern, sowie beim Erhitzen auf eine gewisse Temperatur und namentlich beim Entzünden. Jedoch sind auch scheinbar ohne alle äußere Veranlassung Explosionen der Schießbaumwolle bei gewöhnlicher Temperatur vorgekommen, so z. B. eine Explosion von 1600 Kgr. Schießbaumwolle, welche 1848 die Fabrik zu Le Bouchet in Frankreich zerstörte, eine andere Explosion von Hirtenberger Schießbaumwolle, welche 1862 im Simmeringer Magazin stattfand. Jedenfalls hätten diese Explosionen bei Anwendung völlig reiner Rohmaterialien und bei vollständiger Entsäuerung der Schießbaumwolle vermieden werden können. Es zeigt jedoch die Explosion eines kleinen mit Schießbaumwolle angefüllten Magazins im Bois de Vincennes bei Paris, das an einem Tage stark von der Sonne beschienen wurde, sowie die fürchterlichen Explosionen in Le Bouchet und Faversham, wo die Temperatur des Trockenraumes nicht über 45—50 Grad steigen konnte, daß die größte Vorsicht beim Trocknen und Aufbewahren der Schießwolle nöthig ist.

Setzt man die Schießbaumwolle einem Schlage oder Stoße mit harten Gegenständen aus, so erfolgt in der Regel eine Explosion mit heftigem Knall. Das Charakteristische dieser Explosion jedoch ist, daß sie nicht über die ganze Masse, sondern nur über die zunächst getroffenen Theile sich erstreckt. Die nicht getroffenen Fasern fliegen unzersetzt umher. Sehr lehrreich in dieser Hinsicht sind die darüber von Abel angestellten Versuche, welche wir hier mittheilen wollen.

Abel fand, daß, wenn die Explosion der Schießbaumwolle durch einen Schlag mit dem Hammer oder durch den Fall eines Gewichtes veranlaßt wird, nur ein kleiner Theil der Masse wirklich detonirt, während der Rest durch die sich entwickelnden Gase zerstreut wird in dem Momente, wo das fallende Gewicht die Unterlage trifft. Dieses ging mit Gewißheit aus einer Reihe von Versuchen hervor, welche auf das Sorgfältigste mit Cylindern oder Scheiben aus comprimirter Schießbaumwolle von gleichem Gewichte und gleichen Dimensionen angestellt wurde, indem man sie auf einen horizontalen

Digitized by Google

Amboß zwischen polirte Messingplatten und dem Stoße eines 22·7 Kgr. schweren Gewichtes aussetzte, welches von einer bestimmten Höhe zwischen Führungen herabfiel.

Ließ man das Gewicht 914 Millimeter hoch herabfallen, so wurde die Schießbaumwolle auf $^1/_3$ ihrer ursprünglichen Dicke comprimirt, ohne daß eine Explosion stattfand. Der Fall von 1·828 Meter Höhe erzeugte eine leichte Detonation, bei welcher der größte Theil der Schießbaumwolle umhergestreut wurde. Bei noch größerer Fallhöhe detonirte ein etwas größerer Theil der Substanz, aber selbst bei einem Fall des Gewichtes aus der größten verfügbaren Höhe von 11·883 Meter detonirte nur eine schwache Portion der Wolle, während der Rest in einem Zustande großer Zertheilung umhergestreut wurde.

Die comprimirte Schießbaumwolle läßt sich leicht in dem zur vollständigen Oxydation ihres Kohlenstoffes nothwendigen Verhältnisse mit einem Sauerstoffträger (z. B. salpetersaurem Kalium) mengen. Die durch das Mengen von Schießbaumwolle mit Salpeter erhöhte Festigkeit der ganzen Masse gewährt, abgesehen von der vollständigen Verbrennung, einen besseren Schutz gegen Beschädigungen durch den Transport oder in Folge von Unvorsichtigkeit, als dieses bei der gewöhnlichen comprimirten Schießbaumwolle der Fall ist.

Durch genügenden Salpeterzusatz werden auch die brennbaren Explosionsgase der Schießwolle (Kohlenoxyd und Sumpfgas) völlig verbrannt und die Wirkung der Schießwolle durch die in Folge der vollständigen Verbrennung vermehrte Spannkraft erhöht.

Nachdem man erkannt hatte, daß diese comprimirten Schießwollmischungen ebenso empfänglich für die Detonation seien, als der comprimirte reine Explosivstoff, so war es interessant, das Verhalten der ersteren in Vergleich mit dem letzteren zu beobachten, wenn man sie der Detonation des Nitroglycerins aussetzt.

Die Resultate haben gezeigt, daß jene comprimirten Mischungen leichter detoniren als die nichtcomprimirten und die reine Schießwolle. So detonirte die letztere bei der

Digitized by Google

Explosion von 62·4 Gr. des mit ihr in unmittelbarem Contact befindlichen Nitroglycerins nur einmal, während eine gleiche Ladung des letzteren die mit dem Nitrat gemengte comprimirte Schießwolle unfehlbar detoniren machte. Mit reiner Schießwolle erhielt man immer entweder eine einfache Trennung der Masse, oder — bei Anwendung eines hinreichenden Quantums Nitroglycerin — die Detonation.

Aus allen diesen Versuchen scheint hervorzugehen, daß die durch Detonation einer Nitroglycerin-Ladung herbeigeführte Explosion der Schießwolle bis zu einem gewissen Punkte durch die Vermehrung des Widerstandes erleichtert wird, welchen die letztere, wenn einem Salze beigemengt, der Trennung ihrer einzelnen Theile entgegensetzt.

Die Schießbaumwolle verliert, wenn sie von einem flüssigen oder einem bei gewöhnlicher Temperatur zwar festen, aber in flüssigem Zustande ihr einverleibten Körper durchdrungen wird, viel mehr von ihrer Detonationsfähigkeit, als wenn man sie mit einem entsprechenden Gewichte eines festen Körpers mengt. Die Ursache dieser Erscheinung ist offenbar gerade die umgekehrte von derjenigen, welche die Verminderung der Empfindlichkeit des Nitroglycerins verhindert, wenn man dasselbe mit einer beträchtlichen Quantität eines trägen, festen Körpers mengt. Die träge Flüssigkeit hüllt jedes Theilchen der festen Schießbaumwolle ein, isolirt dasselbe von den benachbarten Theilen und setzt somit der Fortpflanzung der Detonation einen kräftigen Widerstand entgegen, während beim Nitroglycerin der flüssige Explosivstoff den trägen festen Körper einhüllt und daher in seiner ganzen Masse den Zusammenhang bewahrt.

Die Absorption von 3 Procent Wasser durch die Schießbaumwolle (und hierzu noch die 2 Procent Wasser, welche sie im normalen Zustand enthält) machen die Detonation dieser Substanz mit Hilfe des gewöhnlichen detonirenden Agens zweifelhaft.

Brown (seinerzeit Assistent von Abel, dem Chemiker des englischen Kriegsdepartements) kam im Jahre 1874 auf den Gedanken, die trockene Schießbaumwolle selbst

Digitized by Google

zur Detonation der feuchten comprimirten Schießwolle anzuwenden.

Nach seinen Versuchen gelingt die Detonation der Schießwolle leicht (wenn auch nicht absolut sicher in jedem Falle), selbst wenn sie bis zu 17 Procent Wasser enthält, durch die Explosion von 6·6 Gr. compacter und an der Luft getrockneter Schießbaumwolle, wenn die Anfangs-Explosion durch die gewöhnliche Quantität Knallqueckſilber hervorgerufen wird. Letzteres muß hierbei in unmittelbarem Contact mit der trockenen Schießwolle sein.

Steigert man den Wassergehalt bis auf 20 Procent, so erfolgt Detonation bei Anwendung von 31·2 Gr. lufttrockener Schießbaumwolle als detonirendes Anfangsagens nicht immer mit Sicherheit, und wenn die Schießbaumwolle das Maximum von 30—35 Procent Wasser enthält, welches sie überhaupt zu absorbiren vermag, so kann man nicht mit absoluter Sicherheit auf die Detonation rechnen, wenn man weniger als 112 Gr. lufttrockener Schießbaumwolle, und zwar in unmittelbarem Contacte anwendet.

Die feuchte comprimirte Schießbaumwolle detonirt diesen Versuchen zufolge leichter, wenn trockene Schießwolle und Knallqueckſilber zur Uebertragung der Detonation benützt wird, als bei Anwendung von Knallqueckſilber allein.

Die comprimirten Schießwoll-Mischungen mit Salpeter oder chlorsaurem Kalium sind in feuchtem Zustande, und unter sonst gleichen Bedingungen, ebenso detonationsfähig wie gewöhnliche comprimirte Schießbaumwolle, und ebenso sind nach zahlreichen Versuchen die mechanischen Wirkungen dieselben.

Comprimirte und angefeuchtete Schießbaumwolle, die man gefrieren läßt, wird durch das Gefrieren ebenso detonationsfähig wie das Gemenge aus Schießbaumwolle und krystallisirten löslichen Salzen (Salpeter und chlorsaures Kalium), welchem sie durch Verwandlung des Wassers in Eis vollkommen ähnlich wird.

Eine Detonation der Schießbaumwolle durch Erhitzen erfolgt mit großer Heftigkeit, mit glänzender Flamme, meistens

Digitized by Google

ohne starken Knall, höchstens von einem Zischen begleitet. Die zur Explosion der Schießbaumwolle nöthige Temperatur ist abhängig von der Güte der Schießwolle und von der Schnelligkeit, mit welcher sie erhitzt wurde. Wird Schießbaumwolle sehr langsam erhitzt, so zersetzt sie sich schon von 60 Grad an unter Entwicklung saurer Dämpfe, aber unter 130 Grad explodirt sie in der Regel nicht. Man hat jedoch auch beobachtet, daß die Schießwolle zuweilen bei weit niedereren Temperaturen explodirt. So fanden wiederholt Explosionen statt, wenn sie auf einer Metallunterlage bei 70—100 Grad getrocknet wurde. Auch schon durch heiße Luft, die auf 25—80 Grad erwärmt war, wurde Schießwolle ausnahmsweise zur Explosion gebracht.

Bei schnellem Erhitzen explodirt die Schießwolle zwischen 136 und 180, im Mittel bei 175 Grad. Die Explosion erfolgt stets rascher und bei niederer Temperatur als die des Schwarzpulvers. Man kann deshalb Schießwolle auf Pulver verbrennen, ohne daß letzteres Zeit findet, sich gleichfalls zu entzünden. Sehr belehrend in dieser Beziehung ist auch folgender hübsche Versuch:

Auf ein Stück Papier legt man etwas Schwarzpulver, auf letzteres eine kleine Menge Schießbaumwolle und hält das Ganze etwa 0·3 Meter hoch über eine Lichtflamme. Die ausstrahlende Wärme der letzteren reicht hin, um die Schießbaumwolle zu entzünden, während das darunter und der Wärmequelle näher liegende Schwarzpulver völlig unverändert bleibt.

Von der in alkoholhaltigem Aether löslichen Collodiumwolle unterscheidet sich die explosive Schießbaumwolle scharf durch ihre Unlöslichkeit in genanntem Lösungsmittel. In Essigäther und Aceton quillt die eigentliche Schießbaumwolle nur auf, ohne direct gelöst zu werden. Die niederer nitrirte Cellulose dagegen, die Collodiumwolle, ist außer in diesen auch noch in anderen Flüssigkeiten, so insbesondere in Nitroglycerin löslich, wobei sie ihre faserige Beschaffenheit allmählich verliert, und zu einer homogenen, gallertartigen

Digitized by Google

Masse wird, welche nahezu alle Eigenschaften einer chemischen Verbindung besitzt.

Zusammensetzung der Schießbaumwolle. Bei der Einwirkung von Salpetersäure auf Baumwolle können je nach den eingehaltenen Bedingungen verschiedene Nitroverbindungen der Baumwolle (Cellulose) entstehen. Wie wir schon früher erwähnten, enthält nach den neuesten Untersuchungen von Vieille Schießbaumwolle 11 und 10 Nitrogruppen, während in der Collodiumwolle nur 9 und 8 enthalten sind. Früher nahm man allerdings an, daß die eigentliche Schießbaumwolle Trinitrocellulose, die Collodiumwolle dagegen nur Dinitrocellulose sei, doch ist dies, wie aus den angeführten Untersuchungen Vieilles hervorgeht, nicht zutreffend.

Versuche ergaben, daß der Gehalt der Cellulose an Nitrogruppen wächst mit der Menge der Schwefelsäure oder (was gleich bedeutend ist) mit der Concentration der Salpetersäure, mit der Dauer der Einwirkung und der Höhe der Temperatur des Säuregemisches.

Wie nothwendig es in der Praxis ist, eine Verdünnung des Säuregemisches zu vermeiden, zeigen Versuche, deren Resultate in folgender Tabelle zusammengestellt sind:

Säuregemisch	Ausbeute aus 100 Theilen Baumwolle	Eigenschaft des Productes
Gleiche Molecüle Salpeter- und Schwefelsäure	177	unlöslich,
detto + 1 Molecül Wasser .	176	unlöslich,
detto + $1^1/_2$ detto .	171·7	wenig löslich,
detto + $1^2/_3$ detto .	166·4	völlig löslich,
detto + $1^5/_6$ detto .	160·5	völlig löslich,
detto + 2 detto .	157·0	leicht löslich,
detto + $2^1/_2$ detto .	140·0	sehr leicht löslich.

Digitized by Google

Bei zunehmendem Wassergehalt des Säuregemisches ist also die Ausbeute eine geringere. Daß dies so sein muß, wird sofort klar, wenn man bedenkt, daß ja die leicht lösliche Nitrocelluloſe hauptsächlich aus der das geringste Gewicht besitzenden Collodiumwolle besteht.

Was den chemischen Charakter, die Constitution der Schießbaumwolle, sowie der Collodiumwolle betrifft, so haben wir schon früher flüchtig erwähnt, daß dieselben nicht im eigentlichen Sinne Nitroverbindungen (wie z. B. die Pikrinsäure eine solche ist), sondern vielmehr sogenannte Aether der Salpetersäure sind. Man schließt dies aus dem chemischen Verhalten der Schießbaumwolle gegen concentrirte Schwefelsäure und Alkalien. Concentrirte Schwefelsäure macht schon in der Kälte Salpetersäure aus der Schießbaumwolle wieder frei und mäßig concentrirte Kali- oder Natronlauge bildet (bei gewöhnlicher Temperatur langsam, bei 60—80 Grad sehr schnell) aus der Schießbaumwolle salpetersaures Kalium, respective — Natrium unter Rückbildung von Baumwolle. Dieses chemische Verhalten läßt sich nur mit der Annahme, daß die Schießwolle ein Aether der Salpetersäure sei, erklären. Auch das Nitroglycerin giebt beim Behandeln mit Kali- oder Natronlauge das entsprechende salpetersaure Salz unter Rückbildung von Glycerin; auch muß es deshalb als Aether (Ester) der Salpetersäure (nicht als Nitroverbindung des Glycerins) aufgefaßt werden.

Die Explosionsgase der Schießbaumwolle. Die Bedingungen, unter welche Schießbaumwolle explodirt, sind bereits bei den Eigenschaften derselben erwähnt worden.

Bei der Explosion verbrennt die Schießbaumwolle ohne, oder fast ohne einen Rückstand zu hinterlassen. Im freien Raume verbrennt sie außerordentlich rasch und mit einer großen, orangegelben Flamme. Unter vermindertem Druck erfolgt die Verbrennung langsamer.

In fast luftleerem Raume (und ebenso in Kohlensäure, Kohlenoxyd, Stickstoff oder Wasserstoff) verbrennen sehr kleine Mengen Schießbaumwollengarn, durch einen sehr feinen elektrisch glühend gemachten Platindraht entzündet, langsam mit

Digitized by Google

grünlich phosphorescirendem Leuchten. Bei gesteigertem Druck zeigt sich neben dem grünlichen Leuchten eine schwach gelbliche Flamme, welch' letztere mit erhöhtem Drucke an Intensität stetig zunimmt, bis sie endlich in die glänzende orangegelbe Flamme der rasch verbrennenden Schießbaumwolle übergeht.

Die Zersetzungsproducte der entzündeten Schießbaumwolle sind im luftleeren Raume Kohlensäure, Kohlenoxyd, Wasserdampf und Stickstoffgas, im lufterfüllten Raume dieselben Gase und außerdem noch salpetrige Säure und Cyan.

Unter Zugrundelegung der Formel

$$C_{24}\ H_{29}\ O_9\ (O.NO_2)_{11}$$

für die eigentliche Schießbaumwolle kann der Zerfall dieser Substanz unter den Bedingungen, unter welchen sie gewöhlich zur Explosion gelangt, nach Sarrau und Vieille durch die Gleichung:

$$C_{24}\ H_{29}\ O_9\ (O.NO_2)_{11} = 12\ CO_2 + 12\ CO + 11\ N + \\ + 17\ H + 6\ H_2O$$

ausgedrückt werden, während im Uebrigen das Verhältniß des Kohlenoxydes zur Kohlensäure innerhalb gewisser Grenzen vom Druck abhängig ist.

1 Gr. liefert 234 Cbcm. Kohlenoxyd, 234 Cbcm. Kohlensäure, 166 Cbcm. Wasserstoff und 107 Cbcm. Stickstoff bei 0 Grad und 760 Mm. Barometerstand. Der Gasdruck beträgt circa 12.000 Atmosphären.

Die niedrigeren Nitrirungsstufen der Cellulose geben zur Entstehung größerer Mengen von Kohlensäure aus Kohlenoxyd auf Kosten des Wasserdampfes unter gleichzeitiger Bildung von Methan (Sumpfgas) Veranlassung.

Das Gewichtsverhältniß der Explosionsgase der Schießwolle ist abhängig von dem Druck und der Temperatur, welche bei der Explosion herrschten.

Wir führen hier eine Analyse der Explosionsgase an. Demnach bestanden letztere (in Volumenprocenten) aus:

Digitized by Google

Kohlenoxyd (CO)	30
Kohlensäure (CO_2)	20
Sumpfgas (CH_4)	10
Stickoxyd (N_2O_3)	9
Stickstoff (N)	8
Wasserdampf (H_2O)	23
	100

Findet die Verbrennung der Schießwolle unter hohem Drucke statt, so verschwindet in den Verbrennungsgasen das Stickoxyd ganz und statt dessen findet sich ein Mehrgehalt von Kohlensäure, Kohlenoxyd, Wasser und Stickstoff.

Die Explosionsgase der Schießbaumwolle sind wegen ihres hohen Gehaltes an Kohlenoxydgas (sowie auch an Sumpfgas) leicht entzündlich und hierbei mit blauer Flamme verbrennlich. Wegen ihres großen Gehaltes an Kohlensäure und Kohlenoxyd sind sie (ebenso wie die Pulvergase) giftig und greifen auch die Augen ziemlich stark an.

Die Verbrennungstemperatur der Schießwolle hat man bis zu 6000 Grad berechnet.

Die freiwillige Zersetzung der Schießwolle. Dieselbe beginnt mit einer langsamen Entwicklung von Gasen z. B. von salpetriger Säure; allmählich nimmt die Schießbaumwolle bedeutend an Volumen ab und der Rückstand enthält neben kleinen Mengen einer stickstoffhaltigen Substanz Spuren von Ameisen- und Essigsäure, ferner Zucker, Oxalsäure und sogenannte Gummose.

Die freiwillige Zersetzung scheint nur dann vor sich zu gehen, wenn die zur Verwendung gelangte Baumwolle nicht gehörig entfettet, sowie die erhaltene Schießbaumwolle nicht vollständig entsäuert wurde. Die Lenk'sche Schießbaumwolle, welche bekanntlich in einem hohen Grade der Reinheit hergestellt wird, ist nach den Versuchen von Abel absolut haltbar.

Sonnenlicht, welches längere Zeit auf die Lenk-Abel'sche Schießwolle einwirkt, verändert dieselbe nicht. Bei kurzem Erwärmen dieser Schießwolle auf 90 Grad

Digitized by Google

wurde dieselbe ebenfalls nicht verändert. Abel erwärmte auch mit Schießwolle vollgepackte Kisten sechs Monate lang auf 50 Grad, und auch hierdurch wurde keine Zersetzung eingeleitet. Abel hält mit dem so gelieferten Beweis der Haltbarkeit reiner Schießwolle die Haupt- und Lebensfrage derselben für gelöst.

Zur Erhöhung der Haltbarkeit der Schießwolle imprägnirt man dieselbe mit Wasserglas oder mit Soda, früher auch wohl mit Paraffin. Auch solche Schießwolle, von deren Reinheit man überzeugt zu sein glaubt, sollte man der Vorsicht halber stets noch mit Wasserglas imprägniren.

Beachtenswerth ist der Vorschlag Abel's, die Schießwolle in feuchtem (nicht nassem) Zustande aufzubewahren, da sie sich auf diese Weise jahrelang unzersetzt erhält, sowie auch ganz gefahrlos zu handhaben ist. Will man sie dann verwenden, so genügt einfaches Trocknen.

Die Anwendung der Schießbaumwolle. Der mißglückten Versuche, die Schießwolle als Ersatz des Schießpulvers einzuführen, ist bereits an anderer Stelle gedacht worden.

Die bald nach der Entdeckung der Schießwolle in verschiedenen Ländern Europas unternommenen Schießversuche ergaben, daß Infanteriegewehre, welche mit Pulver 3000 Schüsse aushielten, mit etwa gleichwirkender Schießwollladung nach durchschnittlich 500 Schüssen unbrauchbar wurden. Flintenläufe, welche mit 27·5 Gr. Pulver geladen werden durften, zersprangen bei einer Ladung von 7—8 Gr. Schießwolle.

Ein anderer Nachtheil war der, daß die Anfertigung von Kartuschen und Patronen von Schießbaumwolle sehr langsam vor sich ging, weil sie nicht wie Schießpulver gemessen werden konnten, sondern gewogen werden mußten.

Als Vorzüge der comprimirten Schießwolle wird vorzüglich ihr Verhalten gegen niedere Temperaturen, gegen Nässe und im nassen Zustande gegen Percussion genannt, und die Anhänger derselben nennen sie daher wohl auch

Digitized by Google

das ideale Sprengmittel, vorzüglich für militärische und submarine Zwecke.

Allein ein großer Nachtheil der Schießbaumwolle ist ihre außerordentlich rasche Explosion. Sie gehört zu den sehr brisanten Explosivstoffen. Während die so verschiedenartigen Verhältnisse, unter welchen sich die drei Grundstoffe des Schwarzpulvers in ein durch leisestes Berühren mit Zündstoff zersetzbares Gemenge bringen lassen, um mehr oder weniger, langsam oder schneller wirkende Trieb- oder Sprengkraft zu schaffen, dem Pulver eine gewisse Biegsamkeit verleihen, geht dieser Vorzug der Schießwolle ab. Die Explosionsgase der Schießbaumwolle werden urplötzlich entwickelt, nehmen augenblicklich einen sehr großen Raum ein, aber eine nachhaltige Wirkung findet nicht statt. Die Starrheit der Schießwolle läßt sich auch durch künstliche Mittel nicht wohl vermindern. Der ganze Effect dieses idealen Kraftmittels liegt eben nur im Entzündungsmomente Ist das Geschoß damit von der Stelle gerückt, so ist alle Arbeit gethan, eine nachtreibende Wirkung der Gase findet nicht statt.

Um diese aus der großen Brisanz der Schießwolle sich ergebenden Uebelstände zu mildern, hat man die Verbrennungsgeschwindigkeit durch Zusätze oder durch Structurveränderung zu verlangsamen gesucht.

Was die Zusätze betrifft, so hat man die Schießwolle mit gewöhnlicher Baumwolle zusammengekrempelt, oder auch mit Papierstoffen im Holländer verarbeitet. Oder man benützte auch wohl Metallkapselpatronen, deren vorderer Theil welcher zuerst entzündet wurde, Mixtenpulver enthielt, durch dessen Verbrennung die Trägheit des Projectils überwunden werden sollte. In dem anderen Theile befand sich Schießwolle, deren Explosionsgase die treibende Kraft repräsentirten.

Lenk wendete, als das gezogene Schießwoll-Feldgeschütz in der österreichischen Armee theilweise eingeführt war, die Schießwolle in folgender Weise an. Ein bestimmtes Gewicht gesponnener Schießwolle wird auf der Mantelfläche eines hohlen, hölzernen Cylinders oder Kegels aufgewickelt. Die

Digitized by Google

Entzündung geschieht (durch eine Schlagröhre) am hinteren Ende. Der Holzkörper verhindert im ersten Augenblicke ein rapides Abbrennen, da die Entzündung sich nur peripherisch verbreiten kann. Erst nachdem die Spannung der Gase eine gewisse Höhe erreicht hat, erfolgt Zertrümmerung des Holzcylinders und vollkommene Verbrennung.

Manche comprimirte Schießwollpatronen besitzen eine Hülle aus stark comprimirter Schießwolle, welche mit einem dünnen Guttaperchahäutchen wasserdicht überzogen ist.

Für Sprengpatronen wird der Schießwollbrei in Formen gepreßt, welche einen oder mehrere Dornen enthalten, damit Höhlungen zur schnelleren Zündung entstehen.

Die stark comprimirte Schießbaumwolle brennt an offener Luft ruhig wie ein langsam brennender Pulversatz ab. Eine abgefeuerte Büchsenkugel verursacht bei ihrem Durchgange keine Entzündung. Wird sie dagegen durch ein stark geladenes Zündhütchen entzündet, so explodirt sie äußerst stark, und zwar (nach Abel) zehn- bis zwölfmal so kräftig als Schießpulver.

Bemerkenswerth ist, daß die Schießbaumwolle bedeutend kräftiger in hartem, als in weichem oder gar zerklüftetem Gestein wirkt.

Die Urtheile über die Verwendbarkeit und Zukunft der comprimirten Schießwolle gehen oft weit auseinander. Der Transport der nassen Schießwolle bietet enorme Schwierigkeiten, ihre Verwendung erfordert ungemein starke Zündhütchen oder Zündpatronen (stärkere als das gefrorene Dynamit) und die Explosionsgase der nassen Schießwolle sind in Schächten, Stollen u. s. w. ungemein belästigend, selbst gefährlich. Als Sprengmittel für militärische und maritime Zwecke aber erfordert die comprimirte Schießwolle ärarische Fabriken, denn vom Auslande kann sich kein Staat abhängig machen, und private Etablissements könnten, selbst in den militärischen Großstaaten, nicht bestehen, wenn eben nur die Armee und Flotte des Staates Abnehmer und Consumenten wären.

Digitized by Google

Der gefährlichste Concurrent ist aber der comprimirten Schießwolle in der Spreng-Gelatine (Gelatine-Dynamit) erwachsen und fast nur mehr zur Darstellung von Spreng-Gelatine findet dieselbe Verwendung.

Ueber den Transport, die Aufbewahrung und die Anwendung der Schießwolle wird in den betreffenden Abschnitten ausführlicher berichtet werden.

Es mögen hier schließlich noch einige andere Verwendungen der Schießwolle erwähnt werden.

Zunächst dient sie zur Bereitung des rauchschwachen Pulvers, wovon in einem späteren Abschnitte die Rede sein wird.

Böttger empfiehlt Schießwolle als ausgezeichnetes Filtrirmaterial für starke Säuren, auch Alkalien und leicht zersetzbare Flüssigkeiten (wie übermangansaures Kalium).

Derselbe benützt auch Schießwolle (noch besser eignet sich dazu die von den Photographen benützte Collodiumwolle) zur Glasversilberung. Behandelt man seiner Beobachtung zufolge Schießwolle, nachdem sie zuvor durch und durch befeuchtet worden, einige Minuten lang mit Natronlauge in der Siedehitze, so löst sie sich zu einer bräunlichen Flüssigkeit auf, die dann, mit einer größeren Menge destillirten Wassers versetzt, zur Reduction einer verdünnten Lösung von salpetersaurem Silberoxyd-Ammoniak, in welcher jedoch das Ammoniak nicht vorwalten darf, dienen kann.

Versetzt man nämlich die Silberlösung mit einigen Tropfen obiger Schießwollösung, füllt damit ein wohlgereinigtes Hohlglas, erhitzt es im Wasserbade einige Minuten lang bis auf circa 96 Grad C., dann erscheinen die Innenwände des Hohlglases aufs Schönste versilbert.

Auch in der Feuerwerkerei findet die Schießwolle Anwendung, indem man sie mit Lösungen von Salzen tränkt, welche bei einem Verpuffen in einer Flamme diese färben.

Als schlechten Leiter für Elektricität empfahl sie Baumann statt Seide zum Isoliren bei elektrischen Versuchen. Auch in der Färberei hat man sie angewendet (pyroxylirte Gewebe).

Digitized by Google

2. Die Collodiumwolle.

Diese Varietät der Schießbaumwolle hat gegenwärtig eine die Schießbaumwolle weit überragende Bedeutung erlangt durch ihre mannigfaltigen Anwendungen in der Photographie zum Präpariren der zu exponirenden Platten und des photographischen Papiers, in der Sprengtechnik zur Bereitung der Spreng-Gelatine aus Nitroglycerin und Collodium, in der Chirurgie zur Vereinigung der Wundränder und endlich in der Kurzwaaren- und Galanterie-Branche durch ihre Verwendung in der Fabrikation des Celluloids, welches für die genannten Branchen eine große Bedeutung gewonnen hat.

Die Collodiumwolle ist von der Schießbaumwolle, obwohl bei beiden dieselben Rohmaterialien zu ihrer Gewinnung dienen, durch ihre chemischen Eigenschaften scharf getrennt. Schießbaumwolle ist äußerst explosiv, Collodiumwolle fast gar nicht; letztere löst sich in weingeistigem Aether, während erstere darin unlöslich ist.

Geschichtliches. Menard und Flores Domonte waren die Ersten, welche eine Schießbaumwolle erhielten, die sich in Aether-Alkohol löste.

Wie die schon erwähnten Untersuchungen von Vieille ergaben, besteht diese lösliche und wenig explosive Schießbaumwolle aus achtfach und neunfach nitrirter Cellulose, und besitzt die Formel $C_{24} H_{31} O_{11} (O.NO_2)_9$, beziehungsweise $C_{24} H_{31} O_{12} (O.NO_2)_8$.

Im Jahre 1847 wurde von Amerika aus eine Lösung, welche den Namen Collodium erhielt und in der Chirurgie vortreffliche Dienste leistete, bei uns eingeführt.

Man fand bald, daß nicht jede Schießbaumwolle zur Collodiumbereitung tauglich sei, und daß gerade die am leichtesten explodirende auch am unlöslichsten in weingeistigem Aether sei. Da nun bei Anwendung stärkster Salpetersäure die am stärksten explodirende Schießbaumwolle erhalten wird, so war hiermit der Weg zur Collodiumbereitung vorgezeichnet. Ein für letztere geeignetes Product

Digitized by Google

bildet sich nach dem Gesagten offenbar bei abnehmender Concentration des Säuregemisches. Auch bei Anwendung von Kalisalpeter und Schwefelsäure (statt Salpetersäure und Schwefelsäure), in welchem Falle die Salpetersäure sich erst aus dem Salpeter allmählich entwickelt und deshalb nicht so energisch wirkt, erhält man Collodiumwolle.

Im Jahre 1851 erfanden Archer und Fry ihr neues Collodium-Verfahren. Von dieser Zeit beginnt der großartige Aufschwung der Photographie. Es war durch dieses Verfahren ein Mittel gegeben, Bilder von außerordentlicher Schärfe und Feinheit der Zeichnung beliebig oft vervielfältigen zu können.

Fabrikation der Collodiumwolle. Wir theilen die hauptsächlichsten Vorschriften kurz mit.

Nach Dawson ist besonderer Werth auf die Qualität der Baumwolle zu legen. Langfaserige Baumwolle, wie die Sorte Sea Island und die ägyptische, sind nach ihm vorzuziehen.

Nach Mann erhält man gute Collodiumwolle auf folgende Weise: Man übergießt 20 Theile gepulverten Kalisalpeter mit 31 Theilen Schwefelsäure von 1·83 specifischem Gewicht, rührt um, bis der Salpeter zergangen ist, trägt nach dem Erkalten der Mischung unter 50 Grad 1 Theil Baumwolle in dieselbe ein, arbeitet das Ganze gut durch, bedeckt das Gefäß mit einer Glasplatte und läßt das Gemenge bei etwa 30 Grad ungefähr 24 Stunden stehen; dann wird das Präparat mit Wasser gewaschen (zuletzt zur Entziehung von allem schwefelsauren Kalium noch mit warmem Wasser) und getrocknet. Viele im Großen ausgeführte Versuche haben ergeben, daß bereits nach 5—7 Minuten die lösliche Collodiumwolle gebildet ist; aber auch fünf- bis sechstägige Einwirkung der sauren Mischung auf die Baumwolle ist für die Güte der Collodiumwolle nicht nachtheilig, sobald die Temperatur nur nicht 30 Grad übersteigt.

Nach F. Luchs taucht man 1 Kgr. Baumwolle in ein Gemenge von 20 Kgr. Schwefelsäure und 9 Kgr. gepul-

Digitized by Google

vertem Kalisalpeter, läßt sie darin liegen, bis eine herausgenommene Probe der ersteren, rasch mit Wasser ausgewaschen, gedrückt, mit Weingeist übergossen und wieder ausgedrückt, sich leicht und vollständig in einer Mischung von 2 Theilen Aether und 1 Theil Weingeist löst. Alsdann wäscht man das Präparat mit Wasser vollständig aus, preßt es zwischen Leinen, übergießt es mit Weingeist, der ihm die gelbe Farbe entzieht, preßt nach 24 Stunden wieder und löst dann gleich 1 Theil der feuchten Collodiumwolle in 2 Theilen 90procentigem Weingeist unter Zusatz von 15 bis 20 Theilen Aether von 0·73 specifischem Gewicht.

Im Sommer bleibt das Gemisch von Schwefelsäure und Kalisalpeter etwa 10 Minuten stehen, bevor die Baumwolle eingetaucht wird, im Winter wird dasselbe vorher gelinde erwärmt, um die Abscheidung von schwefelsaurem Kalium zu vermeiden.

Statt Salpeter und Schwefelsäure kann man auch (nicht allzu starke) Salpetersäure und Schwefelsäure zur Collodiumbereitung anwenden.

Eine hierzu sehr geeignete Vorschrift ist: 89 Theile Salpetersäure (specifisches Gewicht 1·424) und 104 Theile Schwefelsäure (specifisches Gewicht 1·833).

Eine andere Vorschrift ist folgende: 13 Theile Schwefelsäure (specifisches Gewicht 1·632) und 12 Theile Salpetersäure (specifisches Gewicht 1·512 bis 1·518) werden vermischt und auf 5 Grad abgekühlt. In dieses Gemisch taucht man 1 Theil Baumwolle und giebt darauf Acht, daß die Temperatur nicht über 8 Grad steigt. Nach 24 Stunden nimmt man die gebildete Collodiumwolle heraus, wäscht sie vollständig mit Wasser aus und trocknet sie.

Die Löslichkeit der Collodiumwolle wechselt je nach ihrer Qualität. Gute Collodiumwolle soll sich in 7—8 Theilen Aether, welchem 1 Theil Alkohol zugesetzt ist, lösen. Die so erhaltene Flüssigkeit hat eine syrupähnliche Consistenz, sie muß deshalb noch weiter mit weingeistigem Aether verdünnt werden.

Digitized by Google

Löst sich die Collodiumwolle nicht vollständig, so preßt man entweder nicht zu dickflüssiges Collodium durch Gaze, oder läßt es mit weingeistigem Aether verdünnt durch längeres Stehen sich klären, oder filtrirt es durch Baumwolle oder Papier.

Collodium ist eine fast farblose dicke Flüssigkeit, welche, auf eine Fläche ausgegossen, sehr bald (indem der alkoholhaltige Aether verdunstet) ein feines, durchsichtiges, anhaftendes Häutchen hinterläßt.

Die Anwendung des Collodiums in der Photographie ist allgemein bekannt. Allerdings findet dasselbe nur mehr in der Reproductionsphotographie Anwendung, während sonst die Gelatine-Trockenplatten das »nasse Verfahren« fast ganz verdrängten.

In der Chirurgie leistet das Collodium ebenfalls unschätzbare Dienste. Bringt man Collodiumlösung auf eine Schnittwunde, so klebt eine dünne Schichte von Collodium nach dem Verdunsten des alkoholhaltigen Aethers fest auf der Wundfläche, indem sie dieselbe zugleich luft- und wasserdicht abschließt. Durch die starke Zusammenziehung des eintrocknenden Collodiums werden auch die Wundränder vereinigt.

Das Collodium findet auch vielfache Anwendung in solchen Fällen, in welchen man einen Gegenstand durch eine dünne, kaum wahrnehmbare Schicht vor Luft oder Feuchtigkeit schützen will. Beispielsweise hat man es als Schutzmittel gegen das Anlaufen von Silberwaaren empfohlen. Letztere werden gelinde erwärmt und mit Collodium dünn und gleichmäßig bestrichen.

Die wichtigste Anwendung findet jedoch das Collodium zur Fabrikation der Spreng-Gelatine (Gelatine-Dynamits). Schon ein geringer Zusatz von Collodium zu Nitroglycerin verwandelt letzteres in eine gummi- oder gelatineähnliche Masse, welche gegen Wasser vollkommen unempfindlich ist. Näheres über die Spreng-Gelatine werden wir bei den Nitroglycerinpräparaten mitzutheilen haben.

Digitized by Google

Außerdem findet die Collodiumwolle auch zur Fabrikation des Celluloids Anwendung.

Dieses wurde von Hyatt im Jahre 1877 zum ersten Male dargestellt und dient als Ersatzmittel für Elfenbein, Schildpatt u. s. w.

Das Celluloid ist nichts Anderes als eine unter starkem Druck verdichtete Mischung von Kampher mit einer Schießbaumwolle, deren chemische Zusammensetzung am meisten sich der Collodiumwolle nähert.

3. Andere Nitrocellulosen.

Man bezeichnet alle durch Einwirkung von concentrirter Salpetersäure auf Cellulose oder Holzfaser (Baumwolle, Papier, Holzspäne, Stroh u. s. w.) entstehenden Nitroverbindungen mit dem Namen »Pyroxyline«. Nachdem wir nunmehr die wichtigsten Pyroxyline — die aus Baumwolle erhaltenen — besprochen haben, sei auch ein kurzer Blick auf die aus Papier, Holz und Holzabfällen durch Behandeln mit starker Salpetersäure erhaltenen Pyroxyline geworfen.

Pyropapier. Das sogenannte Pflanzenpapier wird durch zwei Minuten langes Eintauchen in ein Gemisch von Salpeter- und Schwefelsäure in das Pyropapier übergeführt, welches zuerst mit Wasser, dann ammoniakhaltigem Wasser und schließlich wieder mit Wasser ausgewaschen und dann getrocknet wird. Das Pyropapier hat in Zündnadelgewehren Anwendung zu Zündspiegeln gefunden.

Schultze'sches Pulver. Dasselbe wurde im Jahre 1865 unter dem Namen »weißes Schieß- und Sprengpulver« in den Handel gebracht und ist als Vorläufer des rauchschwachen Pulvers anzusehen. Es wurde von dem Artillerie-Hauptmann E. Schultze zu Potsdam erfunden.

Die Grundsubstanz des Schultze'schen Pulvers ist nitrirte, zuvor gereinigte Holzfaser. Die Reinigung des

Digitized by Google

Holzes hat noch weit eingehender, als die der Baumwolle bei der Schießbaumwolle-Fabrikation zu geschehen. Denn während die Baumwolle fast reiner Holzstoff (Cellulose) ist, enthält das Holz eine beträchtliche Menge anderer Bestandtheile (Saftbestandtheile, Farb-, Extractiv- und Mineralstoffe), wie wir bereits Gelegenheit hatten, bei der Pulverkohlen-Fabrikation zu erwähnen.

Schultze's Verfahren ist nun folgendes: Hartes Holz wird in dünne Blätter und diese in regelmäßige Körner zerschnitten, welche wiederholt mit verdünnter Sodalösung gekocht, ausgewaschen, dann mit Dampf behandelt, abermals mit Wasser gewaschen und schließlich getrocknet werden. Nunmehr werden die so vorbereiteten Holzkörner mit Chlorkalk gebleicht, ausgewaschen, getrocknet und in das Säuregemisch eingetragen.

Das Säuregemisch besteht aus 28·5 Salpetersäure (specifisches Gewicht 1·48 bis 1·5) und 71·5 Schwefelsäure (specifisches Gewicht 1·84). In 100 Theile dieses Gemisches werden 6 Theile der nach obiger Methode gereinigten Holzkörner eingetragen und 2—3 Stunden lang gut umgerührt. Es ist hierbei durch passende Abkühlung Sorge zu tragen, daß das Gemisch sich nicht erwärme.

Nach Ablauf von 2 bis 3 Stunden wird die nitrirte Holzsubstanz in einer Centrifuge ausgeschleudert, die ausgeschleuderte Masse gewaschen, mit verdünnter Sodalösung gekocht, wieder gewaschen und schließlich getrocknet.

Das getrocknete Präparat wird mit einer Lösung von Kalisalpeter getränkt und sodann bei 32—44 Grad nochmals getrocknet. Auf 100 Theile der nitrirten Holzkörner nimmt man 26 Theile Kalisalpeter (oder $22^1/_2$ Theile desselben und $7^1/_2$ Theile Barytsalpeter) und 220 Theile Wasser.

Das fertige Pulver wird feucht aufbewahrt und vor dem Gebrauch getrocknet. Es soll zwei- bis dreimal stärkere Wirkung als das Schwarzpulver haben. Der im Vergleich zu Schwarzpulver zwar höhere Preis soll durch diese größere Wirkung mehr wie ausgeglichen werden.

Digitized by Google

Bei der Verbrennung hinterläßt es wenig Rückstand und keinen Rauch. Die Explosionsgase sollen die Athmungsorgane nur wenig belästigen.

Die in der Praxis angestellten Versuche mit dem Schultze'schen Pulver fielen jedoch im Allgemeinen nicht günstig aus. In der Schweiz versuchte man, dieses Pulver in Stutzen anzuwenden. Es wurde bei den Schießproben zwar stets nur wenig Rauch und Rückstand beobachtet, jedoch war letzterer sehr schwer zu entfernen.

Besser bewährte sich das Schultze'sche Pulver bei den Sprengversuchen im Saarbrück'schen und Mansfeldischen. Namentlich ist ein mit der Anwendung dieses Pulvers verbundener Vortheil, daß in Folge der geringen Rauchbildung der Betrieb in den Gruben nur kurze Zeit unterbrochen zu werden braucht. Jedoch ist der Preis des Pulvers ein verhältnißmäßig zu hoher und die Handhabung desselben in Folge der anzuwendenden großen Volumina eine beschwerliche.

Lannoy's weißes Pulver. Holz oder Sägemehl wird durch Behandlung mit starker Salpetersäure nitrirt und 22 Theile der so erhaltenen Nitrocellulose mit 65 Theilen Natronsalpeter und 13 Theile Schwefel vermischt.

Als ein Vorzug desselben wird genannt, daß es das zu sprengende Gestein ohne bedeutende Erschütterung zerreiße und Bruchstücke davon nicht weit umherwerfe. Es ist schwer entzündlich und brennt langsam weiter.

Die bei Altenberg (in der Nähe von Aachen) angestellten Versuche fielen nicht günstig aus. Als einziger wirklicher Vortheil dieses Pulvers muß seine relativ gefahrlose Handhabung bezeichnet werden. Dagegen ist es sehr theuer und hinterläßt einen starken und stinkenden Qualm bei der Explosion.

Dualin (nach Engels) ist ein Gemisch, welches der Hauptsache nach Nitrocellulose enthält, es besteht aus

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Nitrocellulose	40	30	15	30	70	50
Schießbaumwolle	—	—	15	—	—	—

Digitized by Google

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Nitroglycerin	60	45	50	65	20	50
Kaliumnitrat	—	—	20	—	—	—
Baryumnitrat	—	25	—	—	10	—
Harz	—	—	—	5	—	—

4. Das rauchschwache Pulver.

Die immer mehr fortschreitende Verbesserung der Militärfeuerwaffen, und die für diese Zwecke ungenügenden Eigenschaften des Schwarzpulvers führten zur Herstellung von Explosivstoffen, welche bei höherer Brisanz nur eine geringe Menge sichtbarer Verbrennungsproducte liefern. Die ersten Anfänge zur Herstellung derartiger Stoffe wurden nach Erfindung der Schießbaumwolle gemacht, indem man diese für Handfeuerwaffen als auch für Geschütze zu verwenden gedachte. Die Schießwolle ist jedoch zu brisant, es besteht die Gefahr des Zerspringens der Läufe oder Rohre, und ein Hauptgrund, welcher ihre dauernde Einbürgerung für Feuerwaffen verhinderte, war die leichte Zersetzbarkeit derselben. In der Folge gelang es jedoch durch geeignete Behandlung der Nitrocellulose eine derartige Beschaffenheit zu geben, daß sie sich ausgezeichnet zu dem gedachten Zwecke eignet. Von besonderer Wichtigkeit ist der Umstand, daß man es vollkommen in der Hand hat, die Eigenschaften des Pulvers in sehr einfacher Weise den Verhältnissen von Waffe und Geschoß anzupassen.

Vielfach werden diese Pulverarten als »rauchlose« Pulver bezeichnet. Dies ist jedoch unrichtig, da alle derartigen Explosivstoffe sichtbare Verbrennungsgase, wenn auch in bedeutend geringerer Menge als das Schwarzpulver, liefern. Ueberdies verschwinden dieselben sehr rasch, und behindern keineswegs den Ausblick. Die richtige Bezeichnung ist daher rauchschwache Explosivstoffe, welche wir in der Folge stets verwenden werden.

Digitized by Google

Als Erfinder des ersten rauchschwachen Pulvers ist Vieille anzusehen, dessen Schießpräparat im Jahre 1887 von der französischen Heeresverwaltung für das neue kleinkalibrige Lebelgewehr eingeführt wurde. Ueber die Eigenschaften dieses Pulvers waren die übertriebensten Gerüchte im Umlaufe, so hieß es, daß es eine ganz erstaunliche Triebkraft entfalte, und weder Rauch, noch Knall, noch Rückstoß sich bemerkbar mache. Diese Angaben haben sich nicht vollkommen bewahrheitet. Wohl ist die Triebkraft, beziehungsweise die mit derartigem Pulver erzielte Anfangsgeschwindigkeit bei weitem größer als bei dem alten Schwarzpulver, doch ist immerhin ein deutlicher Knall vernehmbar, der allerdings schärfer und heller klingt, als bei einer Ladung mit Schwarzpulver. Auch die Rauchentwicklung ist nicht vollständig behoben, doch ist dieselbe derart schwach, daß sie auf 300 Meter Entfernung nicht mehr wahrnehmbar ist, und selbst eine lebhaft feuernde Schwarmlinie oder Truppenabtheilung durch die sich entwickelnden Verbrennungsgase nicht eingehüllt und unsichtbar wird, so daß ihr Standpunkt nicht ohne weiteres aus der Rauchentwicklung wahrgenommen werden kann.

Vieille's Erfindung wurde strenge geheim gehalten, und bis heute ist über die Herstellung seines Schießpräparates nichts Näheres bekannt geworden. Doch war es vom Anfange an außer Zweifel, daß ein Explosivstoff mit derartigen Eigenschaften nur zur Classe der nitrirten Cellulosen gehören könne, und es ist in der That auch bald in den anderen Staaten gelungen, mittelst der bekannten Hilfsmittel derartig rauchschwache Pulver darzustellen.

Das Schultze'sche rauchschwache Pulver, welches als Vorläufer aller derartigen Explosivstoffe anzusehen ist, wurde schon auf Seite 242 besprochen. Es besteht im Wesentlichen aus nitrirter Cellulose, welche mit einer Lösung von Kalium- oder Baryumnitrat getränkt wurde. In Deutschland, Belgien und Frankreich gelangt es für Jagdzwecke heute noch zur Darstellung. Aehnlich diesem ist die englische Pulvermarke E. C., welche aus Schießbaumwolle besteht, die zu

Digitized by Google

einem Brei zerkleinert, und nach Zusatz von Kalium- oder Baryumnitrat unter Mithilfe eines Lösungsmittels und einer bindenden Beimengung gekörnt wird. Obwohl sowohl dieses, als auch das von Schultze angegebene Pulver zu der Classe der rauchschwachen zu zählen sind, konnten sie doch für Militärfeuerwaffen keine Bedeutung erlangen, da ihrer ungleichmäßigen Zusammensetzung wegen die mit derselben erzielte Treffsicherheit wechselnd ist.

Auch das von Uchatius in Oesterreich hergestellte rauchschwache Pulver, welches durch Nitrirung trockener Kartoffelstärke erhalten wurde, fand keinen Eingang, da die Nitrostärke nicht nur zu hygroskopisch, sondern auch zu explosiv ist.

Später versuchten Lenk und Abel die Schießbaumwolle zur Ladung von Gewehren geeignet zu machen, doch waren auch diese Versuche nicht vom Erfolge gekrönt, eine so große Bedeutung sie auch für die rationelle Herstellung und Anwendung dieser Explosivstoffe besitzen.

Alle diese Bestrebungen scheiterten an dem übermäßigen Druck der Explosionsgase, welche die Waffen zum Zerspringen brachten. In neuerer Zeit wurden jedoch verschiedene Mittel, um die Brisanz derartiger Explosivstoffe zu mildern und um die gepreßte Schießbaumwolle hart und unporös zu machen, in Anwendung gebracht. So wurden Kampher und flüssige Lösungsmittel vorgeschlagen, insbesondere gelangt jedoch Essigäther, Amyläther und Aceton zur Anwendung, um die Körner und Plättchen zu härten und um die Nitrocellulose in eine gallertartige Form zu bringen, in welche sie leicht mit anderen Bestandtheilen vereinigt werden kann. Durch die Behandlung mit den genannten Lösungs- beziehungsweise Quellungsmitteln wird die Masse plastisch und kann dann zu Rollen gewalzt, in Formen gepreßt, oder in Draht-, Stab- und Röhrenform gebracht werden. Nach Entfernung des Lösungmittels — eine für die Haltbarkeit derartiger Explosivstoffe höchst wichtige Operation — läßt sich dann das hornartige Product in Stücke oder Plättchen von beliebiger Größe zerschneiden.

Digitized by Google

Je nach der Zusammensetzung, beziehungsweise Herstellung kann man die rauchschwachen Explosivstoffe in zwei Gruppen theilen, und zwar einerseits in solche, bei welchen die Regelung der Brisanz durch geeignete Verarbeitung der Nitrocellulose, eventuell unter Zusatz gewisser Stoffe erfolgt, andererseits in rauchschwache Explosivstoffe, welche aus Nitrocellulose und Nitroglycerin bestehen. Außer diesen besteht noch eine große Zahl von Vorschriften zur Herstellung derartiger Explosivstoffe, wobei Körper wie Nitrobenzol, Nitrostärke, Ammoniumpikrat u. s. w. angewendet werden.

Im Allgemeinen soll rauchschwaches Pulver folgenden Anforderungen entsprechen:

1. Hohe Kraft in kleinem Raum,
2. geringes Eigengewicht,
3. geringer Gasdruck,
4. große Anfangsgeschwindigkeit,
5. große Rasanz (Flachheit) der Flugbahn,
6. geringe Rauchentwicklung,
7. Unschädlichkeit des Rauches,
8. Beständigkeit des Pulvers,
9. ungefährliche Handhabung.

Wir haben schon erwähnt, daß eine sehr große Zahl von Vorschriften zur Herstellung rauchschwacher Explosivstoffe besteht. Wenn auch die Einzelheiten der Darstellung derartiger Präparate in den verschiedenen Staats- und Privatfabriken von einander abweichen, und der Eine diesem, der Andere jenem Umstand als ein besonderes Geheimniß zu betrachten geneigt ist, so ist doch der Grundgedanke der Fabrikation überall der gleiche.

Die nach Möglichkeit hoch nitrirte Schießwolle wird in Holländern, wie bei der Papierfabrikation üblich, gemahlen, sorgfältig ausgewaschen und dann in Essigäther, oder in Mischungen gelöst, deren wesentlicher Bestandtheil in den meisten Fabriken Essigäther ist. Hierbei nimmt die Schießwolle die Beschaffenheit einer leim- oder gelatineartigen

Digitized by Google

Masse an und es heißen daher die nach diesem Verfahren hergestellten, neueren Nitropulver zum Unterschiede von den älteren auch gelatinirte Nitropulver.

Die gelatinirte Masse wird nun zunächst in besonderen Knetmaschinen innig gemengt, dann unter Kalanderwalzen zu dünnen, in auffallendem Lichte durchscheinenden Platten ausgewalzt und getrocknet. Aus diesen Platten wird schließlich das Pulver selbst in Form kleiner viereckiger Blättchen ausgeschnitten, oder auch in Form linsenartiger Körper ausgestanzt. Ein besonderer Trockenproceß entfernt den in der Fabrikation angewendeten Essigäther fast vollkommen, so daß das fertige Product kaum noch nach Aether riecht. Nach dem Körnen (Ausschneiden der Plättchen u. s. w.) schleift man in Rollvorrichtungen mit Graphit die beim Schneiden rauh gebliebenen Kanten ab, damit eine zu rasche Fortpflanzung der Entzündung von Korn zu Korn vermieden werde. Man hat es also durch die Fabrikation in der Hand, die Verbrennungsgeschwindigkeit durch die Dicke der Platten oder die Größe der Plättchen oder Körner in sehr einfacher Weise zu reguliren. In Deutschland pflegt man die Platten für die neuen kleinkalibrigen Infanteriegewehre etwa 0·3 Mm. stark zu machen, die für Geschütze bestimmten erhalten eine Stärke von 0·7 Mm. aufwärts. Die einzelnen Plättchen erhalten ebenfalls beim Gewehrpulver kleinere (etwa 1·3 Mm), beim Geschützpulver größere Seitenlängen, etwa von 3 Mm.

Das auf diese Weise erhaltene, und heute bereits in vielen Privatfabriken hergestellte Militärpulver zeigt eine in Folge der ungemein starken Verdichtung, welche die Schießwolle während der Fabrikation (Lösung und nachherige Pressung) erlitten hat, eine derart bedeutende Verlangsamung seiner Entzündung und Verbrennung, daß es nur da verwendet werden kann, wo in Folge der langsamen Vorbewegung des Geschosses Temperatur und Druck allmählich so anschwellen, daß nunmehr die durch diese beiden Umstände stark beeinflußte Gasentwicklung eine sehr intensive wird, d. h. also bei langen und dadurch verhältnißmäßig schweren und in Folge der Reibung im Laufe nur lang-

Digitized by Google

sam sich vorbewegenden Geschossen, wie sie bei Geschützen und kleinkalibrigen Militärgewehren üblich sind.

Eine Hauptaufgabe der Fabrikation der rauchschwachen Explosivstoffe besteht darin, das Pulver vollkommen gleichmäßig und gegen die Einflüsse der Witterung unempfindlich zu machen, so daß es nach jahrelanger Aufbewahrung selbst unter ungünstigen Verhältnissen die vollkommen gleiche Kraftäußerung erzielt. Den Schutz gegen Feuchtigkeit erzielt man gegebenen Falles durch Einhüllen der Patronen in paraffinirtes Papier, seltener durch Ueberziehen mit einer Schichte von Collodium.

Alfred Nobel gab eine andere Art von rauchschwachem Pulver an, welches große Aehnlichkeit mit dessen Sprenggelatine besitzt. Dieses wird durch Auflösen von 5 bis 7 Theilen Collodiumwolle in 95 bis 93 Theilen Nitroglycerin erhalten.

Nobel's rauchschwaches Pulver (D. R. P. 51471) wird in folgender Weise bereitet: Bei einer Temperatur von 6—8 Grad wird ein Theil Collodiumwolle in 6 bis 8 Theilen Nitroglycerin eingetragen, wobei man beide Stoffe durch gleichzeitige Anwendung der Luftleere in innige Berührung bringt. Unter einer Presse oder in einer Centrifuge wird dann — unter fortwährender Einhaltung der niederen Temperatur — soviel Nitroglycerin entfernt, als für das beabsichtigte Mischungsverhältniß erforderlich ist. In der Regel wendet man schließlich gleiche Mengen beider Bestandtheile an. Der vom überschüssigen Nitroglycerin befreite Kuchen wird zerstückelt und auf 60—90 Grad erwärmt, wodurch die Collodiumwolle gelöst und gelatinirt wird. Unter Beibehaltung dieser Temperatur wird dann die Masse comprimirt und zu dünnen Platten ausgewalzt. Letztere werden unter der Walze bei gleicher Temperatur zu dickeren, der Korngröße des zu erzeugenden Pulvers entsprechenden Platten zusammengepreßt. Dieses Pulver gelangt in Form von Würfeln oder kleinen Plättchen zur Verwendung; zur Sicherung seiner chemischen Beständigkeit

Digitized by Google

ist es vortheilhaft, dem Nitroglycerin zu Anfang 1 bis 2 Procent Diphenylamin zuzusetzen

Dieses Nobel'sche rauchschwache Pulver besitzt eine Dichte von 1·6 und eine gelbliche Farbe, es fühlt sich ähnlich wie Gummi an, und kann mit dem Messer geschnitten werden. Da es aus ungefähr gleichen Theilen Collodiumwolle und Nitroglycerin besteht, können die Verbrennungsproducte nur gasförmiger Natur sein, und sie bestehen der Hauptsache nach nur aus Kohlenoxyd, Kohlensäure, Wasserdampf und Stickstoff. Bei Abfeuerung eines Gewehres sind diese Dämpfe nur sehr schwach, bei Geschützfeuer dagegen etwas stärker zu sehen, in beiden Fällen verschwinden dieselben jedoch sehr rasch. Ihre Entstehung läßt sich durch die beim Verlassen des Rohres erfolgende Condensation des Wasserdampfes erklären, möglicherweise auch durch Oxydation kleiner Mengen von Stickoxyd. Nach dem Schießen entsteht im Rohre ein dünner Ueberzug, der sich jedoch durch Anwendung warmen Wassers leicht beseitigen läßt.

Wie eingehende Versuche, welche insbesondere von der Firma Krupp vorgenommen wurden, ergaben, ist das Nobel'sche Pulver gegen Feuchtigkeit vollständig unempfindlich, und gegen die gewöhnlichen Witterungseinflüsse auch minder empfindlich als Schwarzpulver. Bei der Aufbewahrung sind keine anderen Vorsichtsmaßregeln erforderlich als sie bisher bei Schwarzpulver Anwendung fanden, bei 50 Grad zeigen beide Pulversorten noch keine nachtheiligen oder gefährlichen Veränderungen. Kälte führt, wie auch beim Schwarzpulver, eine Verminderung der Geschwindigkeit herbei.

In der Arbeitsleistung ist das neue Pulver dem alten um das Dreifache überlegen, so daß zur Erreichung der gleichen Geschwindigkeit die Ladung ganz bedeutend vermindert werden kann. In der nachstehenden Tabelle ist ein Vergleich der Leistungsfähigkeit beider Pulversorten ersichtlich.

Digitized by Google

Geschütz	Rohrgwicht, Kgr.	Geschoßgewicht, Kgr.	Altes Schwarzpulver			Nobel's rauchschwaches Pulver		
			Anfangsgeschwindigkeit in Meter	Gasdruck in Atmosphären	Pulverladung in Kilogramm	Anfangsgeschwindigkeit in Meter	Gasdruck in Atmosphären	Pulverladung in Kilogramm
7·5 Cm. Feldkanone .	300	4·3	465	1800	1 grobkörnig	485	1295	0·35
8·7 » » .	450	6·8	460	2000	1·5 »	463	1475	0·5
10·5 » Festungsgeschütz	1200	18·0	461	2100	4·0 prismatisch	473	1340	1·6
15·0 » Marinegeschütz	4800	51·0	551	2300	1·0 braun prism.	571	1880	7·0
21·0 » »	13500	140·0	577	2330	56·0 » »	583	1950	20·0

Digitized by Google

Wie ferner noch aus dieser Zusammenstellung ersichtlich ist, wird bei Anwendung des neuen Pulvers die gleiche Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses bei wesentlich geringerem Gasdrucke erreicht, als bei dem alten. Man kann daher die Geschwindigkeit des Geschosses bedeutend steigern, was bei Geschützen insbesondere durch den Umstand erleichtert wird, daß der Rückstoß geringer ausfällt, und daher minder stark auf die Lafette drückt.

Abel's rauchschwaches Pulver wird in folgender Weise bereitet: Ein Gemisch, bestehend aus 100 Theilen trockener, pulverförmiger Nitrocelluloſe und 10—50 Theilen trockenem Ammoniumnitrat wird mit Petroleum oder Petroläther geknetet, und hierauf zu Blöcken, Prismen oder Körnern gepreßt, wobei ein Theil des Petroleums ꝛc. entfernt wird, der Rest wird schließlich durch Erwärmen beseitigt. Die auf die angegebene Weise erhaltenen Prismen oder Körner werden dann noch mit einem Lösungsmittel behandelt, welches die Nitrocelluloſe nur oberflächlich angreift, und sie mit einem schützenden Ueberzug versieht. Wahrscheinlich dürfte dieses Lösungsmittel Aether-Alkohol sein, so daß ein Ueberzug von Collodium entsteht.

Abel und Dewar's rauchschwaches Pulver (D. R. P. 51189 und 53294). Auf gewöhnlichem Wege, nur mit einem größeren Gehalte von löslicher Nitrocelluloſe, und mit einem flüchtigen Lösungsmittel, wie Aceton oder Essigäther, hergestellte Sprenggelatine von gallertartiger Consistenz wird durch eine gelochte Platte gepreßt, so daß eine Anzahl von Drähten gebildet wird. Letztere, welche von verschiedener Dicke sein können, sind zuerst weich und biegsam, werden aber nach Verflüchtigung des Lösungsmittels zähe. Sie werden dann in Stücke geschnitten, welche nebeneinander in Patronenhülsen eingesetzt werden und Drahtbündel bilden, die eine wenig brisante, aber sehr bedeutende Schleuderkraft entwickeln. Je nach der Dicke der Drähte kann die Schnelligkeit der Verbrennung innerhalb weiter Grenzen variirt werden, indem Bündel aus dünnen Drähten rascher brennen als solche aus dicken. Um die Kraft der

Digitized by Google

Explosion und die Stärke der Detonation zu vermindern, empfiehlt es sich, dem Explosionsstoff etwa 10 Procent Tannin zuzufügen; gleichzeitig erfährt hierdurch die Zähigkeit und Stärke der hergestellten Drähte und Stangen eine Vermehrung.

Turpin's rauchschwaches Pulver. Nitrocellulose wird in Nitrobenzol, Anilin, Aceton u. s. w. gelöst, und nachdem die Flüssigkeit abgetropft ist, wird die Masse gepreßt und getrocknet, worauf man dieselbe in kleine Stücke zerschneidet. Zur Verminderung der Brisanz wird Kampher, Paraffin oder Nitrobenzol zugesetzt.

Tonit, rauchschwaches Pulver von Hütter. Die Schießbaumwolle wird durch einen Walzengang zu Flocken, darauf in einem Mühlgange zu Pulver verarbeitet. Schließlich wird sie in mit etwas Ammoniak oder Natronhydrat vermischtes Wasser gegeben, worauf die Temperatur durch Einleitung von Dampf unter gleichzeitigem Rühren durch einströmende Luft auf 90 Grad gebracht wird. Nach dem Waschen mit Wasser wird die Schießbaumwolle bis auf 4 Procent Feuchtigkeit ausgeschleudert, und auf einem Mühlengange mit salpetersaurem Baryt gemischt. Die noch feuchte Masse wird in einer geeigneten Presse zu Patronen geformt, und durch heiße Luft getrocknet. Die Patronen umklebt man zum Schutze gegen Feuchtigkeit mit paraffinirtem Papier.

Rauchschwaches Pulver von Wetteren. In dieser belgischen Fabrik wird seit dem Jahre 1888 rauchschwaches Pulver derart bereitet, daß die mit Baryumnitrat gemengte Nitrocelluloſe in Amylacetat (Essigsäure-Amylester) gelöst wird. Man comprimirt die Masse zu dünnen Blättern, trocknet diese und schneidet sie in kleine Vierecke von 2 Mm. Seitenlänge.

Rauchschwaches Pulver von Wolf & Comp. in Walsrode besteht aus gepreßter Schießbaumwolle, welche durch Eintauchen in Essigäther oder Nitrobenzol mit einem schützenden, die Verbrennung verlangsamenden Ueberzuge versehen wird.

Digitized by Google

Das rauchschwache Pulver von Schuckher (D. R. P. 51755). Dieses Präparat besteht aus einem Gemenge von gelöster Nitrostärke (siehe den betreffenden Abschnitt) mit Kalium-, Natrium-, Ammonium- oder Baryumnitrat, Kalium-, Natrium- oder Ammoniumpikrat, Kaliumchlorat, Nitronaphthalin und Stärke. Die Herstellung erfolgt durch Vermischen der Nitrostärke in nassem Zustande mit den genannten Stoffen, und darauffolgendem Trocknen, Comprimiren und Körnen der Masse. Um eine innige Vermengung der einzelnen Bestandtheile zu erzielen, wird das Gemenge mit einer schwachen Lösung von Nitrobenzol in Benzin, Aether oder Chloroform getränkt und das Lösungsmittel verdampft.

Nach einem anderen neueren Verfahren (D. R. P. 54434) mengt man 90—95 Procent Nitrostärke mit 5—10 Procent Nitrobenzol und bearbeitet das Gemenge sechs bis zwölf Stunden in einer Blechtrommel. Das resultirende Pulver wird dann zu Kuchen gepreßt und gekörnt, worauf die Körner in rotirenden Trommeln abgerundet, polirt, und schließlich mit Graphit überzogen werden.

Rauchschwaches Pulver von Gaens (D. R. P. Nr. 48933) besteht aus Kalisalpeter, humussaurem Ammon und Collodiumwolle. Letztere wird zunächst in Essigäther zu gallertartiger Consistenz gelöst, mit den beiden anderen Stoffen zu einer plastischen Masse verarbeitet, und sodann gepreßt, gekörnt und getrocknet. Ein passendes Mischungsverhältniß ist 60 Theile Kaliumnitrat, 25 Theile Collodiumwolle und 15 Theile humussaures Ammon. Letzteres wird aus Torf nach der auf Seite 184 besprochenen Methode dargestellt.

Rauchschwaches Pulver von Hengst (D. R. P. Nr. 48265). In eine auf Siedetemperatur gebrachte Lösung von 12·5 Kgr. Kaliumnitrat, 3·1 Kgr. Kaliumchlorat, 12·5 Kgr. Zinksulfat und 12·5 Kgr. Kaliumpermanganat in 1000 Liter Wasser wird Nitrocellulose eingetragen, welche aus Stroh, insbesondere aus Haferstroh bereitet, und zwei bis sechs Stunden darin belassen wird, je nachdem man ein

Digitized by Google

langsam oder schnell verbrennendes Präparat zu erzielen beabsichtigt. Durch Abpressen wird die Masse nach Möglichkeit vom anhaftenden Wasser befreit, und hierauf mit heißer oder trockener Luft getrocknet.

Rauchschwaches Pulver von Maxim (D. R. P. Nr. 49154). In eine mit Schießbaumwolle gefüllte Kammer, aus welcher die Luft evacuirt wurde, werden Dämpfe von Aceton, Essigäther oder einem anderen Lösungsmittel eingeleitet. Die Schießbaumwolle wird dann, sobald sie sich gesättigt hat, in einer anderen Kammer einem hohen Druck ausgesetzt, worauf sie aus einem engen Mundstücke der Kammer in Form eines dünnen Stranges ausgepreßt wird, den man hierauf in Stücke von Würfel- oder anderer Form zertheilt.

Rauchschwaches Pulver von Johnson-Borland. Nitrocellulose wird mit einer Auflösung von Kampher in einem flüchtigen Lösungmittel gesättigt, und die Masse, zur Vertreibung desselben, auf eine 100 Grad nicht erreichende Temperatur erwärmt. Das hinterbleibende innige Gemenge von Kampher und Nitrocellulose wird in einem geschlossenen Gefäße neuerdings erwärmt, wodurch es sehr hart wird und einen glänzenden Ueberzug erhält.

Rauchschwaches Pulver von Kolf in Bonn (D. R. P. 56786). Kohlenhydrate enthaltende Körper, wie Malzkörner, Malzabfälle, Rübenschnitzel (?), Cocosnußmehl, Brennerei-Abfälle ꝛc. werden bei 20—30 Grad, eventuell unter Druck nitrirt und nach dem Waschen und Trocknen durch Behandeln mit Schwefelalkalien unter einem Druck von 5 Atmosphären geschwefelt. Nach dem Auswaschen werden die nitrirten und geschwefelten Stoffe mit Alkalinitrat beladen und gepreßt, worauf sie mit Lösungen von Dinitrokörpern getränkt, und dann zu Körnern und Platten geformt werden. An Stelle der Dinitrokörper kann auch nitrirte Melasse oder Zucker, sowie Nitroglycerin Verwendung finden. Zur Erhöhung der Beständigkeit wird der Mischung 1 bis 2 Procent Anilin und 2 Procent Paraffin zugefügt.

Digitized by Google

II. Das Nitroglycerin.

Das Nitroglycerin (Sprengöl) wurde von A. Sobrero in Pelouze's Laboratorium zu Paris im Jahre 1847 entdeckt. Sobrero machte auf die explosiven Eigenschaften dieses neuen Körpers aufmerksam und nannte ihn Pyroglycerin.

Lange Zeit fand diese Entdeckung Sobrero's keine weitere Anwendung. Höchstens stellten zuweilen Chemiker das Pyroglycerin vorsichtig und in kleinsten Mengen in ihren Laboratorien dar, um die Eigenschaften desselben zu studiren.

Mittlerweile hatte das Pyroglycerin unter dem Namen Glonoin in Nordamerika eine beschränkte Verwendung als Arzneimittel gefunden, eine Benützung für technische Zwecke wurde jedoch auch von den praktischen Amerikanern nicht versucht. Theils übersah man die so werthvollen Eigenschaften des Sprengstoffes, theils schreckte seine unheimliche explosive Gewalt von einer fabriksmäßigen Bereitung ab.

Da faßte im Jahre 1863 der schwedische Ingenieur Alfred Nobel den Muth — denn eine muthige That war es wirklich — diesen inzwischen Nitroglycerin benannten Sprengstoff in großartigem Maßstabe zu fabriciren. Er fand eine leicht ausführbare und verhältnißmäßig gefahrlose Methode zur Herstellung des Nitroglycerins, sowie ein Verfahren, dasselbe auch in geschlossenen Räumen leicht und sicher zur Explosion zu bringen.

Zwei Nitroglycerin-Fabriken wurden nunmehr von A. Nobel & Comp. bei Stockholm und bei Lauenburg errichtet. Das Nitroglycerin fand bald in Deutschland, England, Schweden und Amerika Anwendung als Sprengstoff. In den Jahren 1863—1865 wurden von Nobel zahlreiche Patente auf »Nobel's Patent-Sprengöl« in den verschiedenen Ländern Europas genommen. Kurz, das Sprengöl wurde rasch bekannt und beliebt, und die Fabriken konnten der täglich steigenden Nachfrage kaum genügen.

Digitized by Google

Da trafen plötzlich aus den verschiedensten Welttheilen Mittheilungen ein über entsetzliche Unglücksfälle, welche durch unbeabsichtigte Explosion von Nitroglycerin herbeigeführt worden waren. Nobel's eigene Fabrik zu Stockholm flog 1864 in die Luft; im Hafen von Aspinwall, am östlichen Ausgangspunkt der Panama-Eisenbahn in Central-Amerika, explodirte 1866 auf dem Dampfer »European« die aus Nitroglycerin und Kriegsmunition bestehende Ladung, wobei nicht nur dieses Schiff, sondern auch andere Schiffe, Quais und daran liegende Gebäude zerstört und zahlreiche Menschen getödtet wurden. Aehnliche Explosionen kamen in England, Sidney und San Francisco vor, und die Tagesblätter füllten sich mit den Beschreibungen der wahrhaft grauenhaften Zerstörungen, die hierbei das explodirende Nitroglycerin anrichtete. In Schweden und Belgien wurde die Fabrikation des Nitroglycerins verboten. Die anfänglich von dem neuen Sprengstoff gehegte günstige Meinung schlug in das Gegentheil um und viele Stimmen wurden laut, welche energisch ein allgemeines gesetzliches Verbot der Fabrikation und des Gebrauches von Nitroglycerin verlangten.

Es gehörte gewiß ein nicht gewöhnliches Maß von Muth und Thatkraft dazu, um unter solchen Umständen gegen die herrschende Meinung die Sache des Nitroglycerins weiter zu verfechten und an dem endlichen Erfolg desselben nicht zu verzweifeln. Nobel's hohes Verdienst wird es stets bleiben, daß er trotz der ungünstigsten Verhältnisse unerschrocken sein Ziel weiter verfolgte.

Er stellte zunächst Versuche in Schweden und bei Hamburg in Gegenwart zahlreicher Ingenieure und Chemiker an, um zu zeigen, daß die vorgekommenen traurigen Explosionen größtentheils grenzenloser Unvorsichtigkeit zuzuschreiben seien und daß vielmehr das Nitroglycerin bei richtiger Handhabung nicht gefährlicher ist als das gewöhnliche Schwarzpulver. Er erfand ferner ein Verfahren, dem Nitroglycerin durch Auflösen in Holzgeist (Methylalkohol) seine Explosionsfähigkeit für beliebig lange Zeit zu nehmen. Einfacher Wasserzusatz scheidet aus dieser Auflösung das Nitroglycerin mit

Digitized by Google

unveränderten Eigenschaften wieder aus. Es gelang ihm endlich, dem Nitroglycerin einen großen Theil seiner Gefährlichkeit dadurch zu nehmen, daß er dasselbe von porösen Körpern (wie Infusorienerde) aufsaugen ließ. Durch Verwendung chemisch wirksamer Aufsaugestoffe wurden endlich die Sprenggelatine und das Gelatinedynamit erhalten.

Diese mit Nitroglycerin getränkten und Dynamite genannten Aufsaugestoffe lehrte Nobel auf sichere und gefahrlose Weise durch die Detonation eines Zündhütchens zur Explosion zu bringen.

Im Jahre 1866 wurde zum ersten Male Dynamit zum Sprengen angewendet. Die Verwendung desselben stieg von Jahr zu Jahr und heute sind die Dynamite bereits das herrschende Sprengmittel geworden, welche das Schwarzpulver und die zahlreichen anderen explosiven Stoffe auf dem Gebiete der Sprengtechnik immer mehr verdrängen.

Die großen Verbesserungen, welche in letzter Zeit in der Fabrikation von Nitroglycerin und den verschiedenen Dynamiten gemacht wurden, haben nicht wenig dazu beigetragen, die auch in Zukunft leider nicht zu vermeidenden Unglücksfälle auf ein geringes Maß zu reduciren. Versuche, die von Sprengtechnikern ersten Ranges ausgeführt wurden, haben die große Gefahrlosigkeit des Transports, der Aufbewahrung und Handhabung der Dynamite dargethan.

Das Nitroglycerin wird aus dem Glycerin auf ähnliche Weise gewonnen wie die Schießbaumwolle aus der Baumwolle. Ueber den sich hierbei abspielenden chemischen Proceß siehe Seite 192. In beiden Fällen kommt ein aus concentrirter Salpetersäure und Schwefelsäure bestehendes Säuregemisch zur Anwendung. Bevor wir zur Besprechung der Fabrikation des Nitroglycerins indessen übergehen, sei hier mit einigen Worten der Mutterstubstanz desselben, des Glycerins, und seiner Eigenschaften gedacht.

Das Glycerin, früher »Oelsüß« genannt, wurde im Jahre 1779 von Scheele bei der Bereitung des Bleipflasters gefunden. Erst 40 Jahre später erhielt es durch Chevreul den Namen Glycerin und wurde von diesem

Digitized by Google

Chemiker als die Grundsubstanz sämmtlicher Neutralfette erkannt. Aber erst zu Anfang der Sechziger-Jahre fing es an, als Handelsartikel eine bescheidene Rolle zu spielen. Die Zerlegung des Fettes durch hochgespannten Dampf in Autoclaven giebt die größte und qualitativ beste Ausbeute. Bei der »sauren« Verseifung der Fette durch Schwefelsäure dagegen wird das Glycerin theilweise zerstört und etwas bräunlich gefärbt. Derartiges mit anderen Producten verunreinigtes Glycerin ist für die Nitroglycerin-Fabrikation nicht zu verwenden.

Zur Gewinnung des Glycerins wird das von den Fettsäuren gesonderte wässerige Glycerin bis zu einem gewissen Concentrationsgrade eingedampft und dann der Raffination unterzogen.

Das für die Nitroglycerin-Fabrikation verwendete Glycerin muß absolut farb- und geruchlos und von jedem auf Verunreinigungen hinweisenden Nebengeschmack frei sein, es muß mit einem Worte ein chemisch reines Product darstellen.

Das Glycerin krystallisirt unter gewissen Bedingungen, und werden dabei alle Unreinigkeiten in den flüssig bleibenden Mutterlaugen concentrirt und ausgeschieden. Im Jahre 1867 wurden zum ersten Male Glycerin-Krystalle beobachtet, indem man den Inhalt eines mit Glycerin gefüllten Fasses vollkommen gefroren fand. Im Jahre 1871 gelang es Professor Kraut in Hannover, das Glycerin in beliebigen Quantitäten zu krystallisiren und hierbei zu reinigen. Derselbe verkaufte sein Verfahren an die Glycerin-Fabrik von Sarg zu Liesing bei Wien, und letztere ließ sich die Methode in Oesterreich, England und Rußland patentiren.

Die Krystallisation des Glycerins erfolgt in Blechgefäßen, welche das Ablösen der Krystalle leicht gestatten. Diese letzteren werden in einer Centrifuge (1200 Umdrehungen, 15 Minuten Schleuderzeit) von anhaftender Mutterlauge

Digitized by Google

befreit, getrocknet und wieder geschmolzen, bei Rohglycerin wird die Krystallisation nochmals wiederholt.

Bei diesem Krystallisationsprocesse ist die Temperatur insofern auf die erhaltene Ausbeute von großem Einfluß, als bei mehr als + 2 Grad C. die Mutterlaugen über 30 Procent des angewandten Glycerins ausmachen. Die Rentabilität des Verfahrens ist also durch milde Winter, wie derjenige von 1872—1873 war, in Frage gestellt, im Sommer wird das Krystallisiren des Glycerins nicht vorgenommen.

Seitdem das Verfahren, Fett unter Anwendung hochgespannter Wasserdämpfe allein zu verweisen, d. h. in die Fettsäure und Glycerin zu zerlegen, allgemein in der Praxis Anwendung findet, gewinnt man aus dem Zersetzungsapparate sogleich eine verhältnißmäßig hoch concentrirte Glycerinlösung, welche ganz frei von Aschenbestandtheilen ist und nur noch der Destillation unter vermindertem Drucke und der Filtration über Knochenkohle unterzogen zu werden braucht, um sogleich ein sehr reines, für alle Zwecke verwendbares Glycerin zu ergeben.

Was die Prüfung des zur Nitroglycerin-Fabrikation verwendeten Glycerins betrifft, so erstreckt sich dieselbe auf das specifische Gewicht, Farbe, Geschmack und Geruch, sowie auf das zu beobachtende Verhalten gegen chemische Reagenzien.

Einen Wassergehalt des Glycerins erkennt man an dem specifischen Gewichte desselben. Man ermittelt zu diesem Zwecke entweder das Gewicht von 1 Liter Glycerin oder man taucht ein Baumé'sches Aräometer in das Glycerin und liest die Grade Baumé ab. Die stattfindende Beziehung zwischen dem specifischen Gewicht des Glycerins, den Graden Baumé und dem Wassergehalte ist aus folgender Tabelle, die für Nitroglycerin-Fabrikanten, sowie für Alle, welche Glycerin in größeren Mengen anwenden, von Wichtigkeit ist, ersichtlich.

Digitized by Google

Gewicht eines Liters Glycerin (in Gramm)	Grade des Baumé'schen Aräometers	Wassergehalt in 100 Theilen Glycerin	Gewicht eines Liters Glycerin (in Gramm)	Grade des Baumé'schen Aräometers	Wassergehalt in 100 Theilen Glycerin
1264·0	31·2	—	1236·2	28·6	10·5
1262·5	31·0	0·5	1235·0	28·5	11
1261·2	30·9	1·0	1233·5	28·4	11·5
1260·0	30·8	1·5	1232·2	28·3	12
1258·5	30·7	2·0	1230·7	28·2	12·5
1257·2	30·6	2·5	1229·0	28·0	13
1256·0	30·4	3·0	1228·5	27·8	13·5
1254·5	30·3	3·5	1227·0	27·7	14
1253·2	30·2	4·0	1225·5	27·6	14·5
1252.0	30·1	4·5	1224·2	27·4	15
1250·5	30·0	5·0	1223·0	27·3	15·5
1249·0	29·9	5·5	1221·7	27·2	16
1248·0	29·8	6·0	1220·2	27·0	16·5
1246·5	29·7	6·5	1219·0	26·9	17
1245·0	29 6	7·0	1217·7	26·8	17·5
1244·5	29·3	7·5	1216·5	26·7	18
1242·7	29·2	8·0	1215·0	26·5	18·5
1241·2	29·0	8·5	1213·7	26 4	19
1240 0	28·9	9·0	1212·5	26·3	19·5
1239·0	28·8	9·5	1211·2	26·2	20
1237·5	28·7	10	1210·0	26·0	20·5

Das im Handel vorkommende Glycerin enthält gewöhnlich 2—6 Procent Wasser, ein Liter desselben wiegt also dann nach unserer Tabelle 1258·5—1248 Gr.

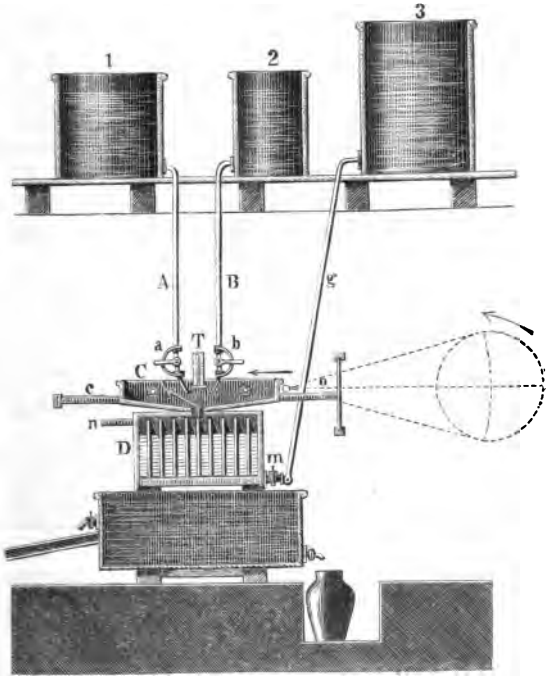
Wir wenden uns nunmehr nach dieser zum vollen Verständniß der Nitroglycerin-Fabrikation nothwendigen Abschweifung zu den einzelnen Darstellungsmethoden des Nitroglycerins.

Digitized by Google

1. Die Darstellung des Nitroglycerins.

Sobrero stellte sich das Nitroglycerin im Kleinen in der Weise her, daß er in ein abgekühltes Gemisch von

Fig. 32.



2 Theilen Schwefelsäure (specifisches Gewicht 1·831) und 1 Theil Salpetersäure (specifisches Gewicht 1·525) unter Umrühren $^1/_2$ Volumen Glycerin allmählich eingoß und Erwärmung vermied. Nach Abscheidung des entstehenden Oeles wurde das Ganze in das fünfzehn- bis zwanzigfache Volumen

Digitized by Google

kalten Wassers geschüttet, das am Boden als specifisch schwere Flüssigkeit sich ausscheidende, in Wasser fast unlösliche Nitroglycerin sorgfältig ausgewaschen und zuletzt im luftverdünnten Raume getrocknet.

Nobel's Verfahren, nach welchem zuerst das Nitroglycerin in großem Maßstabe fabricirt wurde, war ursprünglich folgendes: Er löste 1 Theil Kalisalpeter in $3^1/_2$ Theilen Schwefelsäure auf und hielt dieses Säuregemisch in großen Mengen vorräthig. Die Mischung wurde auf Null Grad abgekühlt, wobei fast alles Kali als saures schwefelsaures Kalium auskrystallisirte. Das gewonnene, von den ausgeschiedenen Krystallen getrennte Gemisch fließt mit der geeigneten Menge Glycerin durch ein Rohr in ein Gefäß, in welchem durch tüchtiges Umrühren die Mischung vollendet wird. Abkühlung während des Umrührens ist kaum nöthig. Das gebildete, am Boden des Gefäßes sich ablagernde Nitroglycerin wird sorgfältig gewaschen und getrocknet.

Rudberg (in Stockholm) hat folgenden einfachen Apparat zur ununterbrochenen und gefahrlosen Darstellung des Nitroglycerins empfohlen.

Das Säuregemisch kommt nach vollständigem Erkalten in das Gefäß 1 (Fig. 32), das Gefäß 2 enthält das Glycerin, Gefäß 3 wird mit kaltem Wasser gefüllt.

Durch die mit den Hähnen a und b versehenen Abflußröhren A und B· communiciren die Gefäße 1 und 2 mit einem Kasten D, welcher entweder pendelartig aufgehängt ist, oder auf Rädern ruht, so daß demselben mit einer Lenkstange und einer Kurbel, wie aus den punktirten Linien ersichtlich, eine continuirliche hin- und hergehende Bewegung ertheilt werden kann.

In dem Trichterrohr des Kastens C ist ein Thermometer angebracht, an welchem die durch die Reaction erzeugte Temperatur abgelesen werden kann.

Das im Gefäß 3 befindliche Wasser fließt durch das mit dem Hahn m versehene Rohr g in einen mit Blei ausgefütterten, mit treppenartig vertheilten Fächern versehenen, und von einem Holztrog wasserdicht umschlossenen Canal D.

Digitized by Google

Man beginnt die Operation damit, daß man zuerst den Canal D durch Oeffnen des Hahnes m mit Wasser umgiebt. Hierauf läßt man langsam das Säuregemisch in den Trichter C fließen und setzt diesen dabei in oscillirende Bewegung, so daß sein Rohr sich abwechselnd über den verschiedenen Fächern des Canals D befindet.

Sobald die Säure aus allen diesen Fächern gleichzeitig herauszurinnen beginnt, läßt man Glycerin hinzufließen und mit der Säure sich mischen. Die chemische gegenseitige Einwirkung zwischen Glycerin und Salpetersäure tritt sofort ein: sie ist beendigt, sobald das Gemisch den Canal D passirt hat, derselbe ist durch Wasserzufluß stets kalt zu halten.

Nunmehr läßt man das erhaltene Gemisch in den Behälter 4 abfließen, welcher mit Wasser gefüllt ist. Das Nitroglycerin scheidet sich als schwere Flüssigkeit am Boden aus und wird wie gewöhnlich sorgfältig ausgewaschen.

Die Temperatur steigt im Rudberg'schen Apparat nie über 30 Grad C.

Mowbray's Verfahren der Nitroglycerin-Fabrikation.

Mowbray sah zuerst die ungeheure Wichtigkeit der Anwendung chemisch reinen Glycerins und der Reinigung des sich bildenden Nitroglycerins von salpetriger Säure, sowie des gebildeten Nitroglycerins von der anhaftenden Säure ein. Das Mowbray'sche Nitroglycerin war in Folge der großen Sorgfalt, welche auf seine Reinheit verwendet wurde weniger gefahrvoll zu handhaben als das nach den älteren Methoden erzeugte.

Das Säuregemisch stellt Mowbray auf folgende Art dar. In einem gut ventilirten Gebäude von 150 Fuß Länge befinden sich fünf Retorten von je 22 Cubikfuß Inhalt, deren jede mit 300 Pfund Natronsalpeter und 375 Pfund englischer Schwefelsäure beschickt wird.

Thönerne Röhren leiten die Dämpfe von jeder Retorte in eine Reihe von vier Steinzeugvorlagen, welche 3 Fuß über dem Boden auf einem Gerüste aufgestellt sind. In die beiden ersten gießt man je 150 Pfund Schwefelsäure, in die

Digitized by Google

dritte 100 Pfund, die vierte bleibt leer. Die aus dem Gemisch von Natronsalpeter und Schwefelsäure sich entwickelnde Salpetersäure wird in den drei Vorlagen condensirt, wodurch man sofort das zur Nitrirung erforderliche Säuregemisch erhält.

Die Destillation dauert etwa 24 Stunden. Nach Ablauf dieser Zeit wird das aus circa 600 Pfund bestehende Säuregemisch in Ballons abgezogen und von da in einen Trog von Speckstein entleert, der 18 Ballons faßt.

Zur Entfernung der Untersalpetersäure in diesem Säuregemisch, sowie zur Erzielung einer gleichmäßigen Mischung, läßt Mowbray durch eine eiserne Röhre ungefähr fünf Minuten einen Luftstrom in den Trog streichen, wodurch der beabsichtigte Zweck vollkommen erreicht wird.

Früher wurde die Säure zur Verflüchtigung der Untersalpetersäure in Glasgefäßen erhitzt, was jedoch im Vergleich zu der Behandlung mit Luft als sehr zeitraubend und umständlich befunden wurde. Durch das Einleiten von Luft gewinnt man eine vollkommen klare und reine Säure, was für die Fabrikation von großer Wichtigkeit ist, indem die Anwesenheit von Untersalpetersäure, sowie von salpetriger Säure höchst wahrscheinlich freiwillige Zersetzung, respective Explosion verursachen kann.

Wir kommen nunmehr zur Herstellung des Mowbray'schen Nitroglycerins aus dem so behandelten Säuregemisch und Glycerin.

Der Raum (»Nitrirhaus«), in welchem diese Operation vor sich geht, ist 150 Fuß lang. In demselben befinden sich neun hölzerne Tröge und in diesen 116 Steinzeugkrüge. In jeden Steinzeugkrug werden 17 Pfund des Säuregemisches gegossen und die Tröge selbst werden mit eiskaltem Wasser oder einem Gemisch von Eis und Salz bis zu 4 Zoll von dem Rande der Säuregefäße gefüllt.

Auf Brettern oberhalb der Tröge befinden sich Glasgefäße, je eines zu einem Steinzeugtopf. In jedes Glasgefäß kommen 2 Pfund reines Glycerin. Letzteres wird mittelst eines Hebers und mit einem Gummischlauche Tropfen für Tropfen in das zugehörige Säuregemisch eingeführt.

Digitized by Google

Unterhalb der Bretter, auf denen die Glycerintöpfe stehen, geht eine eiserne Röhre von $2^1/_2$ Zoll Durchmesser entlang, durch welche kalte und getrocknete Luft strömt, die, während Säure und Glycerin sich mischen, durch 16 Zoll lange und $^1/_4$ Zoll weite Glasröhren in das Gemisch eingeführt wird. Die einströmende Luft mischt die Säure und das Glycerin innig durcheinander, kühlt zugleich die Flüssigkeit ab und befreit sie von salpetriger Säure.

Es wird durch diese Anordnung nicht allein Material erspart, sondern es wird auch die Ausbeute vermehrt und ein chemisch-reines Product erzeugt, was durch die Thatsache bewiesen ist, daß das auf diese Weise dargestellte Nitroglycerin vollkommen farblos ist, stets bei einem und demselben Grade krystallisirt und bei der Explosion keine der Gesundheit des Arbeiters schädlichen Gase bildet. Salpetrige Säure, welche das Nitroglycerin (ebenso wie auch die Schießwolle) zur freiwilligen Zersetzung und Explosion geneigt macht, ist aus dem Mowbray'schen Nitroglycerin absolut entfernt.

Das in den Glasgefäßen befindliche Glycerin bedarf $1^1/_2$ Stunden zum Abfließen und ist während dieser Zeit die größte Vorsicht und Aufmerksamkeit erforderlich. Die drei den Mischungsproceß beaufsichtigenden Arbeiter schreiten mit dem Thermometer in der Hand unaufhörlich auf und ab, und wie sie finden, daß in einem der Töpfe die Temperatur steigt, so rühren sie die Mischung mit der Glasröhre, durch welche die Luft einströmt. Ein solches stärkeres Erwärmen findet zuweilen statt, wenn das Glycerin ein bischen zu stark fließt, in welchem Falle man den Zufluß vermindert.

Ist die Umwandlung zu Nitroglycerin beendet und entweichen keine rothen Dämpfe mehr, so werden die Krüge in eine Kufe geleert, welche Wasser von 21 Grad C. enthält. Das Quantum beträgt jedesmal 450 Pfund. In dieser Kufe sinkt das Oel zu Boden und wird von ungefähr 6 Fuß Wasser bedeckt.

Hier bleibt es 15 Minuten, um nachher von Unreinigkeiten befreit zu werden. Da das Reservoir durch den Boden

Digitized by Google

in ein unteres Gemach geht und der Boden geneigt ist, so kann das Oel leicht abgezogen werden, jedoch läßt man das Wasser zuerst abfließen, worauf das Oel in einen schwingenden Bottich, der einem altmodischen Butterfaß nicht unähnlich, jedoch nur viel größer ist, abgezogen wird.

In diesem Bottich wird es fünfmal gewaschen, dreimal mit bloßem Wasser, zweimal mit verdünnter Sodalösung, gleichzeitig läßt man einen Strom Luft durchstreichen.

Das Wasser von dieser Waschvorrichtung läßt man in einen Bottich und von diesem durch zwei in der Erde vergrabene Fässer laufen, von wo es seinen Weg ins Freie findet. Sollte etwas Oel mit dem Waschwasser weggeschwemmt worden sein, so findet man dasselbe in einem oder dem anderen der Fässer wieder.

Hierauf wird das Nitroglycerin in kupfernen Gefäßen nach einem 300 Fuß entfernten Magazin geschafft, in welchem es in Steinzeuggefäße, die je 60 Pfund halten (sogenannte »Crocks«) entleert wird. Diese werden in ein hölzernes Reservoir von $2^1/_2$ Fuß Tiefe gestellt, das ungefähr 20 Töpfe hält. Dieselben stehen in Wasser von 21 Grad, das bis zu einer Höhe von 6 Zoll von dem Rande der Töpfe reicht. Hierin verbleiben sie 72 Stunden, während welcher Zeit Unreinigkeiten, die sich etwa in dem Oele vorfinden mögen. als Schaum auf die Oberfläche steigen, der mit einem Löffel abgeschöpft werden kann.

Nach dieser Behandlung ist das Nitroglycerin chemisch rein, durchsichtig wie Wasser und stark lichtbrechend, sowie zum Verpacken fertig.

Es kommt nun in Weißblechkannen, die für je 56 Pfund bestimmt und inwendig mit Paraffin überzogen sind. Man stellt sie zum Füllen in einen flachen, hölzernen Bottich, gießt das Oel aus den Steingefäßen zuerst in kupferne Kannen, und von diesen durch einen Gummitrichter in die Weißblechkannen.

Um etwa verschüttetes Oel unschädlich zu machen, wird der Boden des Bottichs vorher mit einer dicken Lage von

Digitized by Google

gebranntem Gyps bedeckt, welcher die Flüssigkeit schnell verschluckt.

Die gefüllten Gefäße werden in einen hölzernen, mit Eiswasser oder Eis und Salz gefüllten Bottich gestellt, bis ihr Inhalt gefroren ist. Dann werden je 30—40 zusammen in kleinen, 300 Fuß von dem Fabriksgebäude entfernten Magazinen bis zum Transport aufbewahrt.

Zum Transporte des Nitroglycerins werden die Weißblechkannen in offene, hölzerne Kisten verpackt, deren Boden mit 2 Zoll Schwamm bedeckt ist. Um die Gefäße selbst sind zwei sich unten kreuzende Guttapercha-Röhren geschlungen, welche somit an das Holz anliegen.

Zum Aufthauen des Nitroglycerins ist jede Kanne mit einer 10 Zoll langen und $1\frac{1}{2}$ Zoll weiten Röhre versehen, welche in der Mitte von oben nach unten geht. Man verwendet dazu Wasser von 21—32 Grad. Zum Verschluß dient ein mit einer Blase versehener Kork.

Im Winter bedient man sich zum Transport eines Schlittens, im Sommer eines Wagens, den man mit einer Lage Eis und mit einer Decke bedeckt. Auf diese Weise kann gefrorenes Sprengöl nach Mowbray mit gleicher Sicherheit wie eben so viele Gefäße mit Butter versendet werden.

Zur Magazinirung von Eis zum Krystallisiren dienen zwei Eishäuser, wovon jedes 200 Tonnen halten kann. In deren Nähe befindet sich auch ein Häuschen für die Dampfmaschine und einem Dampfkessel von 15 Pferdekräften. Erstere leistet 10 Pferdekräfte und dient zum Pumpen von Wasser in das Waschreservoir und als Motor für das Gebläse und die Guttaperchafabrik.

Zur Erzielung eines gleichmäßigen Luftstromes wird die Luft nicht unmittelbar in die mit den Säuregefäßen in Verbindung stehenden Röhren eingeführt, sondern man läßt sie erst in Windregulatoren gelangen, wo sie gleichzeitig von Wasserdämpfen befreit wird.

In der Nähe der Nitroglycerinfabrik befindet sich auch ein Gebäude zur Reinigung der Guttapercha, welche zum

Digitized by Google

Isoliren der bei den Sprengungen gebrauchten Kupferdrähte dient.

Nach dem Verfahren von Mowbray wird allerdings ein sehr reines Nitroglycerin gewonnen, doch ist die Darstellung umständlich und findet wohl nur mehr in wenigen kleinen Fabriken Anwendung. Ein großer Uebelstand dieses Verfahrens ist auch darin gelegen, daß das zur Nitrirung verwendete Säuregemisch, die Abfallsäure vollständig verloren geht, während sie nach dem jetzt allgemein geübten Vorgange, welcher später besprochen werden wird, zum größten Theile wieder gewonnen und neuerdings verwendet werden kann.

Charakteristisch ist das von Boutmy und Faucher beschriebene Verfahren zur gefahrlosen Herstellung des Nitroglycerins. Sie lassen das Säuregemisch nicht auf Glycerin direct, sondern auf Glycerin-Schwefelsäure einwirken, wodurch Explosion vermieden wird.

Zur Bildung der Glycerin-Schwefelsäure wird 30grädiges Glycerin mit dem dreifachen Gewicht 66grädiger Schwefelsäure behandelt. Alsdann werden gleiche Gewichtsmengen 48grädige Salpetersäure und 66grädige Schwefelsäure mit einander gemischt. Mit diesem Säuregemisch behandelt man die vorher gebildete Glycerin-Schwefelsäure, und zwar in solchen Mengenverhältnissen, daß im Ganzen auf 100 Theile Glycerin 280 Theile Salpetersäure und 500 Theile Schwefelsäure kommen.

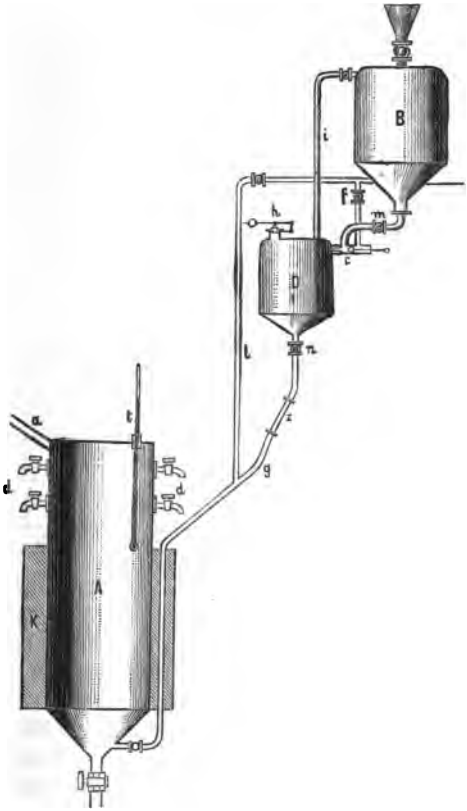
Die alsbald eintretende Reaction ist in 24 Stunden beendet und die Temperatur steigt auf 10—15 Grad. Das in dem Säuregemisch unlösliche Nitroglycerin entzieht sich der weitergehenden Einwirkung der Salpetersäure und schwimmt obenauf.

Die Kurtz'sche Methode. Das Verfahren ist folgendes: In einem Cylinder von Blei oder Gußeisen mit konischem Boden, welcher vor Beginn der Operation mit der Nitrirungssäure gefüllt ist, wird von unten durch eine Brause in einem dünnen Strahle das Glycerin und durch ein zweites Rohr die comprimirte Luft zugeführt, so daß

Digitized by Google

der Strahl von Glycerin und Luft sich kreuzt und in Folge dessen eine innige Vermischung sowohl der Luft und des

Fig. 33.



Glycerins als auch dieser beiden mit dem Säuregemisch stattfindet.

Das gebildete Nitroglycerin steigt in die Höhe und kann oben entweder continuirlich oder in kurzen Unter-

Digitized by Google

brechungen abgeführt werden. Der verhältnißmäßig enge Durchmesser des Cylinders bei größerer Höhe erleichtert diese Operation. Die Luft wird vorher noch abgekühlt.

Im Anfange, wenn die Säuren noch concentrirt sind, bilden sich die höher nitrirten Producte, später die weniger hoch nitrirten, die fractionirt abgeleitet werden können.

Auch das Waschen erfolgt unter Anwendung von Luft. Das Nitroglycerin sinkt in dem Wasserbehälter zu Boden und wird aus letzterem in dem Maße abgeführt, als oben in den Wasserbehälter neue Mengen Nitroglycerin aus dem Mischungsgefäße hinzufließen. Ebenso wird auch aus letzterem das gebildete Nitroglycerin in dem Maße weg und in das erste Waschgefäß geführt, als das unten durch die Brause einströmende Glycerin das Flüssigkeitsvolumen im Mischungsbehälter vermehrt.

Die Einrichtung des Kurtz'schen Apparates (Fig. 33) besteht in Folgendem. Das zu verarbeitende Glycerin, welches sich in dem Behälter B befindet, strömt durch das Rohr l zu dem Strahlgebläse c; durch das Rohr f wird kalte Luft zugeleitet, durch das Gebläse mit dem Glycerin gemischt und letzteres in zerstäubtem Zustande in das Gefäß D geworfen, welches mit einem Rohre i zur Ausgleichung des Druckes und auch mit einem Sicherheitsventile h versehen ist.

Durch Oeffnen des Hahnes n gelangt die Glycerin-Luftemulsion durch das kurze Glasrohr z in das Leitungsrohr g, und tritt von unten in das Nitrirungsgefäß A. Letzteres ist mit einem seitlichen Abzugsrohr a versehen, durch welches die bei der Nitrirung entstehenden Gase ausströmen können, und liegt auf dem oberen Rande von a eine Glasplatte, diese ist durchbohrt, und in derselben ein Thermometer angebracht. — Zeigt sich in dem zum Abzuge der Gase dienenden Rohre eine starke Entwicklung brauner Dämpfe und steigt gleichzeitig das Thermometer stark, so ist dies ein Beweis dafür, daß nicht bloße Nitrirung des Glycerins, sondern noch weitergehende Zersetzungen stattfinden, und wird einer der Hähne m oder n geschlossen.

Digitized by Google

Schließt man den Hahn m ab, so strömt nach Entleerung des Gefäßes D von der kleinen Menge des noch in denselben enthaltenen Glycerins nur mehr ein Strom kalter Luft in das Nitrirungsgefäß, erniedrigt die Temperatur der Flüssigkeit sehr schnell und hebt das Fortschreiten der Zersetzung auf.

Will man aber auch das noch in D befindliche Glycerin nicht mehr in das Nitrirungsgefäß gelangen lassen, so kann man die kalte Luft unmittelbar durch das Zweigrohr l in das Rohr g treten lassen.

Ist die Nitrirung beendet, so erfolgen die Waschungen des rohen Nitroglycerins in der üblichen Weise mit Wasser und Sodalösung, aber immer unter gleichzeitiger Rührung durch einen kalten Luftstrom. Bei der letzten Waschung wird ein Luftstrom von so niederer Temperatur angewendet, daß sich das reine Nitroglycerin, welches schon bei + 8 Grad gefriert, in Form von Krystallnadeln abscheidet.

An dem Nitrirungsgefäße sind mehrere Hähne d angebracht, welche zum Ablassen der Hauptmenge des Nitroglycerins, sowie der später zur Abscheidung gelangenden kleinen Partien derselben dienen. Das Nitrirungsgefäß A ist von einem Mantel umgeben, und der hierdurch entstehende Raum zwischen beiden Gefäßen wird mit kalter Luft, Wasser oder Eis angefüllt.

Die hierdurch erzielten Vortheile liegen auf der Hand. Es befindet sich stets eine verhältnißmäßig nur geringe Menge Nitroglycerin in den Mischungs- und Waschbehältern, so daß eine etwaige Explosion lange nicht so verheerende Wirkungen anrichten kann, als dies bisher der Fall war. Außerdem ist zur erhöhten Sicherheit der Arbeiter jedes Misch- und jedes Waschgefäß von dem andern durch einen starken Erdwall getrennt. Die Arbeiter bewegen sich auf einer oberhalb der Gefäße angebrachten Laufbühne, von welcher aus sämmtliche an den Apparaten angebrachten Zu- und Abflußhähne gehandhabt werden. Es ist ferner eine Vorrichtung getroffen, um bei drohender Explosion die Mischungsgefäße sofort unter Wasser setzen und in einen Canal entleeren zu können,

Digitized by Google

während den Arbeitern in den meisten Fällen noch Zeit bleiben wird, über den Erdwall zu springen und sich so zu schützen.

Ein weiterer wesentlicher Vorzug des Verfahrens beruht darauf, daß das Glycerin nicht wie bisher von oben, sondern von unten eingeführt wird. Denn das Glycerin ist bedeutend leichter als das Säuregemisch und wird, wenn es letzterem von oben zugeführt wird, auf demselben einfach schwimmen. Von unten in das Säuregemisch eingeführt jedoch wird das Glycerin vermöge seiner geringeren Schwere langsam durch die ganze Höhe des Säuregemisches emporsteigen. Die Mischung der Säure mit dem Glycerin wird aber durch das gleichzeitige Einleiten comprimirter Luft eine noch vollständigere.

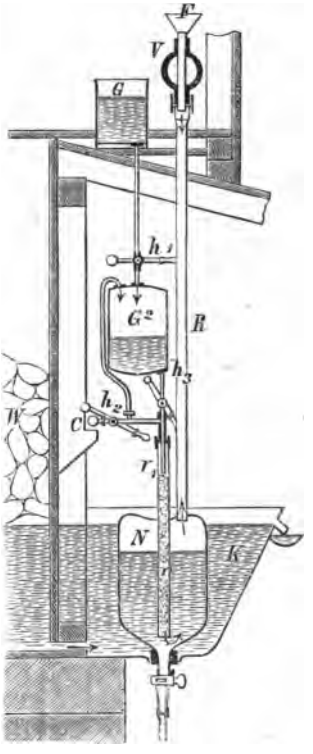
Nach dem Verfahren von A. Schröder (D. R. P. Nr. 29130) wird Nitroglycerin in folgender Weise bereitet. Aus einem Blechgefäße G (Fig. 34) fließt das Glycerin in durch den Hahn h_1 geregelter Menge in das Gefäß G_2. Die Entleerung desselben geschieht dadurch, daß nach Abschluß des Hahnes h_1 und theilweisem Oeffnen des in die Rohrleitung C eingeschalteten Hahnes h_2 gepreßte kalte Luft auf die Oberfläche der Glycerinfüllung einwirkt und dieselbe durch den entsprechend weit geöffneten Hahn h_3 und das Rohrstück r_1 zum Abfließen in das Glasrohr r bringt. Die durch den Hahn h_2 gleichzeitig in das Rohr r eindringende gepreßte kalte Luft treibt den Glycerinstrahl fein zertheilt von unten durch die Höhe der Nitrirsäure und ermöglicht eine innige und vollständige Vermischung beider Stoffe. Die Zufuhr der Salpeter- und Schwefelsäure in das Nitrirgefäß N erfolgt durch das Rohr R und den Trichter F. Dieses Rohr R hat zugleich die Bestimmung, alle bei den Mischungsvorgängen sich entwickelnden und freiwerdenden Säuredämpfe, sowie die überschüssig zugeführte Luft in die Thonrohrleitung V überzuführen, von wo aus dieselben abgesaugt und in einen Condensationsthurm geleitet werden. Um die Abkühlung der sich bei den Mischungsprocessen erhitzenden Säuren zu bewerkstelligen, befindet sich

Digitized by Google

das Nitrirgefäß N in einem Kühlschiff K, welchem aus einem Behälter W kaltes Wasser zufließt.

Nach dieser Besprechung der verschiedenen Verfahren, welche zur Darstellung von Nitroglycerin in Vorschlag gebracht wurden und welche auch heute noch theilweise in Anwendung stehen, wollen wir nun die Fabrikation des Nitroglycerins besprechen, wie sie in großen modernen Fabriken zur Ausführung gelangt.

Fig. 34.



Die Nitrirsäure — ein Gemisch von etwa 5 Theilen concentrirter Schwefelsäure und 3 Theilen Salpetersäure — wird entweder von den Säurefabrikanten schon fertig gemischt bezogen, oder aber an Ort und Stelle bereitet. Im letzteren Falle ist immer einige Vorsicht am Platze, wenn auch das Zusammenfügen der beiden Säuren an sich eine ganz ungefährliche Operation ist. Zweckmäßig verwendet man hierfür geschlossene, mit einem Abzugsrohre für die Gase versehene Kessel, in welchen durch einströmende Preßluft das Rühren des Säuregemisches besorgt wird. Ein Verspritzen der Säure ist dann unmöglich und das Mischen selbst mit keinerlei Gefahr verbunden.

In der Regel wird nun die fertige Nitrirsäure in ein hochstehendes Gefäß gehoben, wozu am zweckmäßigsten Druckluft Verwendung findet. Dieses Säurereservoir muß ent-

Digitized by Google

sprechend hoch gelegen sein, damit im natürlichen Gefälle im Verlaufe der Fabrikation das Säuregemisch nach dem Nitrirapparate, das Nitroglyceringemisch nach dem Scheidetrichter, und das geschiedene Nitroglycerin nach dem Waschhause gelangen kann, ohne getragen oder nochmals gehoben werden zu müssen. Die Montejus, welche zum Heben des Säuregemisches Anwendung finden, bestehen entweder aus innen ausgebleiten oder blanken schmiedeeisernen oder gußeisernen Kesseln. Innen mit Blei gefütterte Gefäße haben sich nicht bewährt, da es unvermeidlich ist, daß sich an einzelnen Stellen Blei ablöst und dann das blankliegende Eisen um so schneller angegriffen wird. Gußeiserne Kessel erwiesen sich sehr widerstandsfähig gegen die Einwirkung der Säure, müssen jedoch entsprechend starkwandig sein, um den bedeutenden Druck, der wegen der hohen Dichte des Nitrirungsgemisches (etwa 1·7) bis zu 3 Atmosphären beträgt, auszuhalten.

Die Nitrirung erfolgt in großen, mit der Wasserstoffflamme verlötheten Bleigefäßen; bei einem Durchmesser von 1 Meter und bei der gleichen Höhe vermögen sie eine Charge von 100 Kgr. destillirten Glycerins von 31 Grad Bé., 450 Kgr. Schwefelsäure mit einem Gehalte von 98 Procent Monohydrat und 250 Kgr. Salpetersäure vom specifischen Gewicht 1·501 aufzunehmen, wobei als Ausbeute etwa 212 Kgr. Nitroglycerin erhalten werden. Im Apparate liegen etwa 100 Meter Kühlschlangen von 35 Mm. Querschnitt, sie dienen zur Kühlung während der Nitrirung. Ferner münden am Boden des Gefäßes zwei Rohre, die am Ende trichterförmig erweitert und mit feinen Oeffnungen versehen sind. Sie dienen zur Zuleitung von Preßluft, mittelst welcher das Gemisch während der Nitrirung kräftig umgerührt, und in stürmischer Bewegung erhalten wird. Der Apparat ist mit einem Deckel verschlossen, in welchem ein Glasfenster eingefügt ist, durch welches der Verlauf der Reaction beobachtet werden kann. Die entstehenden Dämpfe werden durch einen Dunstabzug ins Freie geführt. Der Boden des Nitrirapparates ist entweder nach einer Seite

Digitized by Google

geneigt, oder flach trichterförmig gestaltet, an der tiefsten Stelle befindet sich ein sehr weiter Ablaßhahn aus Thon. Unterhalb desselben ist ein großer Wasserbehälter aufgestellt, welcher etwa den vierfachen Inhalt des Apparates an Wasser faßt. Steigt während der Nitrirung trotz anhaltender Rührung und Kühlung die Temperatur im Apparate auf 40 Grad, so hat der Arbeiter diesen Ablaßhahn, der deshalb sehr weit sein muß, damit sich der Nitrirapparat in kurzer Zeit entleert, zu öffnen, und das Gemisch in den Wasserbehälter laufen zu lassen. Nur auf diese Weise kann einer drohenden Explosion vorgebeugt werden. Zum Ablassen des Nitroglyceringemisches nach dem Scheidetrichter wird unter diesen Hahn ein Trichter befestigt, welcher ihn mit der Leitung nach dem Scheidetrichter in Verbindung bringt.

Zur Beobachtung der Temperatur sind im Nitrirungsapparate Thermometer mit deutlicher Scala angebracht, deren Kugel in das Gemisch taucht. Die Nitrirung erfolgt bei 20—30 Grad, zur Kühlung des Gemisches dient gewöhnliches Brunnenwasser, welches die Kühlschlangen durchströmt. Eine Charge von 100 Kgr. Glycerin ist in etwa 30 Minuten fertig nitrirt.

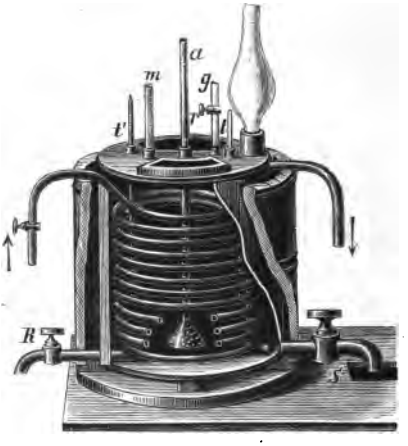
Größere Glycerinmengen als 100 Kgr. werden selten auf einmal nitrirt; in Amerika dagegen verarbeitet man auf einmal bis zu 2000 Kgr. in großen ovalen, offenen Kesseln, in welchen sich auf einer Welle ein Rad mit acht Schaufeln am Umfange befindet, welche während ihrer Umdrehung das Glycerin unter das Säuregemisch drücken. Sicherer und zweckmäßiger ist jedoch immer die Anwendung der geschilderten Ballabene'schen Luftrührung, welche auch die Anwendung von auf 34 Grad erwärmtem Glycerin gestattet. Bei dieser Temperatur ist dasselbe bedeutend dünnflüssiger, und läßt sich leichter mit der Säure mischen. Hierdurch werden aber auch locale Zersetzungen vermieden, wozu übrigens auch die große Reinheit von Glycerin und Säure, in welchen die genannten Stoffe zur Anwendung gelangen, vieles beiträgt.

Digitized by Google

Das Glycerin fließt aus einer großen Zahl feiner Spitzen aus, die an einem ringförmig gebogenen, in entsprechender Höhe über dem Säuregemische befindlichen Bleirohre angebracht sind, zur Beschleunigung des Ausfließens ist in der Regel, der zähen Beschaffenheit des Glycerins wegen, die Anwendung von Druckluft erforderlich.

Die Gebäude, in welchen die Nitrirung vorgenommen wird, sind aus leichten Balken mit Bretterverschalung her-

Fig. 35.



gestellt und mit einem hohen Erdwall umgeben, einerseits um die Heftigkeit einer eventuell eintretenden Explosion zu mildern, andererseits um den Arbeitern bei herannahender Gefahr einer solchen Gelegenheit zu geben, sich noch rechtzeitig in Sicherheit zu bringen.

Ein Nitrirgefäß älterer Construction ist in Fig. 35 abgebildet. Das Glycerin fließt durch das, mittelst des Hahnes r absperrbare Rohr g zu. Die Luftrührung a ist unten siebförmig gelocht. Die Säure wird durch m eingefüllt. Thermometer t gestatten die Beobachtung der Temperatur. Der

Digitized by Google

Hahn R dient zum Ablassen des fertigen Nitroglycerin-gemisches. S ist der Sicherheitshahn, welcher über dem Wasserbehälter mündet. Zur Kühlung dient die aus der Zeichnung ersichtliche Kühlschlange, außerdem ist das Nitrir-gefäß mit einem zweiten Mantel umgeben, innerhalb welchem ebenfalls Kühlwasser circulirt. Wie schon aus dem früher Mitgetheilten hervorgeht, verwendet man jetzt zwei oder mehrere Kühlschlangen, gewöhnlich auch zwei getrennte Druckluftrührvorrichtungen, falls eine derselben plötzlich ver-sagen sollte. Ueberdies fällt der Ablaßhahn R weg, und findet nur der Sicherheitshahn S in der schon angegebenen Weise Verwendung.

Nach beendigter Nitrirung wird das Nitroglycerin-gemisch behufs Trennung des Nitroglycerins von der Säure nach dem Scheidetrichter fließen gelassen, in welchem es zunächst zur Abscheidung des ersteren einige Zeit ruhig stehen bleibt. Diese Scheidetrichter (Separatoren) sind große, viereckige, trichterförmige Bleigefäße, an deren einer Seite ein Glasfenster eingesetzt ist, sie sind durch einen Glasdeckel verschlossen. Von der tiefsten Stelle dieses Separators geht ein mit einem gläsernen Einsatze versehenes und durch einen Thonhahn verschließbares Bleirohr ab. Beim Entleeren fließt zunächst die Abfallsäure aus, diese gelangt durch ein Trichterrohr in die nach dem Nachscheidegebäude führende Leitung. Sobald sich dann im Beobachtungsglase die ersten Tropfen Nitroglycerin zeigen — die Trennung kann mit großer Schärfe ausgeführt werden — wird der Hahn auf einen Augenblick geschlossen, das Trichterrohr nach einem theilweise mit Wasser gefüllten Behälter, von welchem aus eine Leitung nach dem Waschhause führt, umgelegt, und der Hahn neuerdings geöffnet. In diesem Behälter wird das geschiedene, noch stark saure Nitroglycerin zunächst in viel Wasser vertheilt, wobei abermals Druckluft zur Umrührung verwendet wird. Durch diese Vertheilung wird der noch in diesem Stadium der Fabrikation möglichen Zersetzung vor-gebeugt. Von hier gelangt das in Wasser vertheilte rohe Nitroglycerin nach dem Waschhause, in welchem es einer

Digitized by Google

weiteren Reinigung unterzogen wird. Dies geschieht durch Einfließenlassen in kaltes, durch Luftrührung bewegtes Wasser in einem Bleibottich, nach zwei- bis dreimaligem Wasserwechsel durch Anwendung heißen Wassers, endlich durch vollständiges Neutralisiren mit Soda, und eventuelles Filtriren des nun gereinigten Nitroglycerins. Auf die vollständige Entsäuerung desselben ist besonderes Gewicht zu legen, denn nicht vollständig säurefreies Glycerin kann sich, wenn vielleicht auch erst nach längerer Zeit, zersetzen und explodiren.

Die im Scheidetrichter vom Nitroglycerin getrennten Abfallsäuren gelangen behufs ihrer Wiedergewinnung zunächst in die Nachscheidung. In der Nachscheidung bleiben die Abfallsäuren zunächst einige Tage ruhig stehen, um den in denselben stets noch vorhandenen Spuren von Nitroglycerin Gelegenheit zu geben, an die Oberfläche zu steigen, von wo sie dann beseitigt werden. Zur Wiedergewinnung der Salpetersäure wird ein Denitrificator angewendet, ein etwa 4 Meter hoher, mit säurefestem Gestein ausgekleideter Cylinder, in welchem über Bimsstein oder Coaks die Säure herabströmt, während von unten Luft und Wasserdampf eingeführt wird. Hierdurch spaltet sich die Säure in Salpetersäure von etwa 36 Grad Bé. und Schwefelsäure von 56 Grad Bé., welche als Abfallproducte verkauft werden. Bedeutend zweckmäßiger ist behufs vollständiger Wiedergewinnung der Säuren jedoch die Anwendung des schon auf Seite 222 besprochenen Verfahrens.

Die Eigenschaften des Nitroglycerins. Das reine, d. h. das von Säure und Wasser vollkommen befreite Nitroglycerin ist eine farblose, oder doch nur sehr schwach gelb gefärbte Flüssigkeit von süßlichem, brennendem Geschmack und ohne Geruch. Das specifische Gewicht von reinem Nitroglycerin ist 1·6.

Das Nitroglycerin ist in Wasser so gut wie unlöslich. Mit Aether und Methylalkohol ist es in jedem Verhältnisse mischbar. Bevor man das Nitroglycerin in der gefahrloseren Form der Dynamite anzuwenden gelernt hatte, löste man

Digitized by Google

das Sprengöl in Methylalkohol auf. In dieser Lösung hatte der Sprengstoff seine explosiven Eigenschaften verloren. Durch Zusatz von Wasser wurde derselbe wieder aus der Lösung in Methylalkohol mit seinen gewöhnlichen explosiven Eigenschaften ausgeschieden.

In kaltem Alkohol löst sich das Nitroglycerin wenig, dagegen reichlich in solchem von 50 Grad C. Es verflüchtigt sich über 100 Grad leicht, ohne Zersetzung zu erleiden. In reinem Zustande zersetzt es sich nicht freiwillig.

Bei — 15 Grad wird es dickflüssig, ohne zu erstarren. Längerer Zeit einer Temperatur von — 2 Grad ausgesetzt, krystallisirt es. Ja sogar schon eine Temperatur von 8 Grad C., wenn sie genügend lange auf das Nitroglycerin einwirkt, kann dasselbe in den krystallisirten Zustand überführen. Man kann sagen, daß das Nitroglycerin bei Temperaturen von + 8 bis — 11 Grad C. vom flüssigen Zustande in den festen übergeht und verhalten sich in dieser Hinsicht verschiedene Nitroglycerine verschieden. Manche Nitroglycerine brauchen bei einer Temperatur von — 12 Grad C. 10—14 Tage bis sie erstarren, während andere noch mehr oder weniger Zeit brauchen.

Wenn das Nitroglycerin längere Zeit einer Temperatur von nahe 100 Grad C. ausgesetzt wurde, so zeigt es einen großen Widerstand gegen das Erstarren.

Aeußerst geringe Mengen Verunreinigungen reichen schon hin, das Krystallisiren zu verhindern oder zu verzögern. Wenn das Nitroglycerin rasch zum Erstarren gebracht wird, so krystallisirt es zu einer weißlich-gelben, undurchsichtigen Masse.

Das gefrorene Sprengöl thaut bei etwa + 11 Grad wieder auf. Man hat lange Zeit angenommen, daß das Sprengöl beim Gefrieren sich um etwa $^1/_{16}$ ausdehne, während Mowbray für das nach seiner Methode dargestellte Nitroglycerin eine Zusammenziehung um $^1/_{12}$ des ursprünglichen Volumens fand. Neuerdings hat man jedoch die Dichte des Nobel'schen flüssigen und festen Nitroglycerins zu 1·599, respective 1·735 gefunden, woraus sich eine Zusammenziehung,

Digitized by Google

und zwar um $^{10}/_{121}$ ergiebt. Letzterer Bruch stimmt genau mit dem von Mowbray erhaltenen überein und ist also das physikalische Verhalten des Nobel'schen Sprengöles völlig gleich dem Mowbray'schen.

Das Sprengöl wirkt schon in kleinen Dosen giftig. Schuchardt hat in dieser Beziehung an sich selbst Versuche angestellt und darüber berichtet. Er verschluckte einen Tropfen Nitroglycerin und empfand bald Schwindel, Schwächung des Sehvermögens, Kopfschmerz, Mattigkeit, Schläfrigkeit, einen stark gewürzhaften Geschmack und Brennen im Schlunde. Als er eine Stunde später aus Unvorsichtigkeit noch etwas Nitroglycerin in den Schlund bekam, empfand er bald Zunahme der genannten Symptome; es stellte sich Bewußtlosigkeit, Schwindel, Zittern, sehr heftiges klopfendes Kopfweh mit Empfindlichkeit gegen Licht ein; einem zuerst empfundenen Wärmegefühl folgte ein Kältegefühl, Uebelkeit trat ein aber kein Erbrechen, kein Krampf und am folgenden Tage war eine Wirkung des Nitroglycerins nicht mehr zu spüren.

Arbeiter, welche Nitroglycerin zum Sprengen verwenden, bekommen leicht Kopfschmerzen. Man hat dies daraus erklärt, daß Nitroglycerin die Haut leicht durchdringt und so ins Blut übergeht. Um eine directe Berührung der Haut mit Nitroglycerin zu vermeiden, hat man deshalb die Arbeiter — namentlich bei der Herstellung des Dynamits — mit Gummi-Handschuhen arbeiten lassen. Allein die Meisten machten von letzteren, weil sie im Arbeiten zu sehr hindern, doch keinen Gebrauch.

Als Gegengift gegen derartige Nitroglycerin-Vergiftungen hat man schwarzen Kaffee empfohlen, zum Einreiben Aetzkalilauge und wässerige Jodwasserstoffsäure, welche das Nitroglycerin unter Rückbildung von Glycerin zersetzen sollen.

Das Sprengöl in chemisch reinem Zustande ist seiner chemischen Zusammensetzung nach Trinitroglycerin. Außerdem kennen wir noch ein Mononitroglycerin und ein Dinitroglycerin, welche sich bei Einwirkung schwächerer Säure

Digitized by Google

bilden. Bei der Fabrikation des Sprengöles muß man darauf bedacht sein, daß dasselbe nicht auch die beiden letztgenannten Verbindungen enthält. Aus 100 Theilen Glycerin und 205·4 Theilen Salpetersäure erhält man theoretisch 246 Theile Sprengöl.

Um die geringsten Mengen Nitroglycerin nachzuweisen, versetzt man dasselbe mit Anilin und concentrirter Schwefelsäure; nach Zusatz beider entsteht bei Gegenwart von Nitroglycerin eine purpurrothe Färbung, welche durch Wasser in Grün übergeht.

Die Explosion des Nitroglycerins und die dabei gebildeten Gase. Das Nitroglycerin explodirt, wenn es auf 280 Grad erwärmt wird, oder durch heftigen Stoß, oder endlich durch den heftigen und plötzlichen Druck, welchen die Explosion eines mit ihm in Berührung befindlichen kräftigen Knallpräparates (Knallqueckſilber) auf dasselbe ausübt (Nobel's Zündpatrone). In allen drei Fällen ist es lediglich die Wärme (respective die in Wärme umgesetzte Stoßarbeit), welche die Explosion bewirkt.

Wird Nitroglycerin vorsichtig erwärmt, so beginnt bei etwa 100 Grad Zersetzung unter Abgabe von Untersalpetersäure. Angeblich kann man Nitroglycerin durch sehr allmähliches Erhitzen vollständig verflüchtigen, ohne daß Explosion eintritt.

Beim Erwärmen verhält sich das Nitroglycerin in folgender Weise: bei 185 Grad siedend, unter Entwicklung gelber Dämpfe, bei 194 Grad langsame Verflüchtigung, bei 200 Grad rasche Verflüchtigung, bei 218 Grad lebhaftes Verbrennen, bei 241 Grad Detonation (schwierig), bei 257 Grad heftige Detonation, bei 267 Grad schwächere Detonation, bei 287 Grad schwache Detonation mit Flamme. Bei Rothglühhitze verflüchtigt sich das Nitroglycerin ohne Detonation, weil es in den sogenannten sphäroidalen Zustand übergeht.

Eine sehr wichtige Eigenschaft des Nitroglycerins ist die, daß seine Explosionstemperatur mit seiner Entzündungstemperatur nicht zusammenfällt, sondern viel höher

Digitized by Google

liegt. Das Nitroglycerin gehört demnach (im Gegensatze zu Schießpulver und flockiger Schießbaumwolle) zu den nicht direct explodirbaren Körpern. Diese Eigenschaft ist von höchst praktischer Wichtigkeit; ihr ist es zu danken, daß Sprengöl von gewöhnlicher Temperatur angezündet, nur schwierig abbrennt, aber niemals explodirt. Es ist verbrannt, bevor es sich bis zur Explosionstemperatur erwärmt hat. Es ist daher kaum Gefahr vorhanden, wenn Nitroglycerin in Brand geräth, vorausgesetzt, daß nicht allzu große Vorräthe von Sprengöl vom Feuer ergriffen werden.

Bei directer Entzündung explodirt, wie gesagt, Nitroglycerin nicht. Bei Versuchen, die Nobel in Gegenwart mehrerer Gelehrter zu Stora Ahlby in Schweden im Jahre 1865 anstellte, konnte Nitroglycerin durch Berührung seiner Oberfläche mit einer glühenden Eisenstange gar nicht entzündet werden; mit einem brennenden Holzspan entzündet, verbrannte es ohne Explosion mit Flamme, die sogleich beim Entfernen des brennenden Holzspanes erlöschte.

Setzt man flüssiges Sprengöl allmählich vermehrtem und zuletzt sogar sehr starkem Drucke aus, so explodirt es angeblich nicht. Dagegen explodirt es jeder Zeit durch plötzlichen starken Druck, z. B. durch einen heftigen Schlag. Aber die Explosion der durch den Druck getroffenen Theile pflanzt sich nicht auf die übrige Masse fort. Als Nobel auf der Rennkoppel bei Hamburg im März 1866 einige Tropfen Nitroglycerin, auf einen Ambos geschüttet, mit einem Hammer stark schlagen ließ, explodirte nur das direct getroffene Nitroglycerin mit gewaltigem Knall, die Explosion wurde aber nicht fortgepflanzt. Man kann ein Nitroglycerin enthaltendes Fläschchen gegen einen Stein werfen, so daß es zerbricht, ohne daß das Präparat explodirt.

Früher war die irrige Ansicht verbreitet, daß das gefrorene Nitroglycerin gegen Schlag oder Stoß empfindlicher sei, als das flüssige. Die Sache verhält sich aber, wie eingehende Untersuchungen gezeigt haben, gerade umgekehrt. Eine einfache Ueberlegung schon ergiebt, daß dem so, gemäß physikalischen Gesetzen, sein muß. Ein dem

Digitized by Google

Nitroglycerin mitgetheilter Stoß oder Druck setzt sich in Wärme um, wie überhaupt jede gehemmte Bewegung sich in Wärme umsetzt (vergleiche beispielsweise das beim Bremsen des Eisenbahnzuges sich erwärmende Rad). Der Stoß oder Druck, welcher dem Nitroglycerin mitgetheilt wird, muß also stark genug sein, daß er die Erwärmung des getroffenen Nitroglycerins auf 180 Grad (seine Explosions-Temperatur) bewirkt. Um jedoch gefrorenes Sprengöl auf 180 Grad zu erwärmen, ist offenbar mehr Wärme nöthig, als um ein gleiches Gewicht flüssiges Nitroglycerin auf dieselbe Temperatur zu bringen. Es muß ja bei dem geforenen Nitroglycerin zuerst die Wärme zum Schmelzen verwendet werden, es muß mit einem Worte dem gefrorenen Nitroglycerin zuerst die latente Schmelzwärme geliefert werden. Hiermit stimmen denn auch die angestellten praktischen Versuche überein. Knallquecksilbermengen, welche das flüssige Nitroglycerin sicher zur Explosion bringen, lassen das krystallisirte Nitroglycerin unverändert. Es wurde ferner flüssiges und festes Nitroglycerin auf einen flachen Amboß von Bessemerstahl in dünner Schichte gelegt und ein schmiedeeiserner Fallklotz auf den Amboß fallen gelassen. Hierbei war die mittlere Fallhöhe zur Detonirung flüssigen Nitroglycerins 0·78 Meter, während das gefrorene Nitroglycerin erst bei einer Fallhöhe von 2·13 Meter zur Explosion gebracht wurde.

Allerdings soll man gefrorenes Sprengöl niemals mit scharfen und spitzen Instrumenten bearbeiten und stets nur im Dynamit-Wärmeapparat oder einem ähnlichen Apparate mit Hilfe von heißem — nicht kochendem — Wasser aufthauen.

Ist das Nitroglycerin nicht völlig rein, so erleidet es häufig — ähnlich wie unreine Schießbaumwolle — eine freiwillige Zersetzung, die leicht Explosionen im Gefolge haben kann. Es bildet sich alsdann (durch Oxydation) Glycerinsäure und Oxalsäure. Gleichzeitig färbt sich das in Zersetzung begriffene Nitroglycerin grün unter Bildung von salpetriger Säure, Stickoxyd und Kohlensäure. Da das Nitroglycerin

Digitized by Google

in der Regel in sehr gut verschlossenen Flaschen aufbewahrt wird, können die bei dieser freiwilligen Zersetzung sich entwickelnden Gase nicht entweichen und üben folglich einen starken Druck auf das Nitroglycerin aus. Unter diesen Umständen ist der geringste Stoß und die schwächste Erschütterung hinreichend, eine Explosion hervorzurufen.

Ob eine derartige Zersetzung sich vorbereitet, erkennt man an der Röthung von blauem in das Nitroglycerin getauchtem Lackmuspapier.

Wenn Sprengöl im geschlossenen Raume explodirt, so übt es einen ganz gewaltigen Druck aus. Es beruht dies auf der beträchtlichen Menge von Explosionsgasen, welche sich entwickeln, sowie auf der hohen Verbrennungstemperatur, welche bei der Explosion herrscht, wodurch die Gase auf das Achtfache ihres ursprünglichen Rauminhaltes ausgedehnt werden.

Nach den Untersuchungen von Sarrau und Vieille zerfällt das Nitroglycerin bei der Explosion nach der Gleichung:

$$2\,C_3H_5(O.NO_2)_3 = 6\,CO_2 + 6\,N + 5\,H_2O + O$$

1 Gr. Nitroglycerin liefert daher:

295	Cbcm.	Kohlensäure
147	»	Stickstoff
25	»	Sauerstoff

bei 0 Grad und 760 Mm. Barometerstand, es entstehen sonach 467 Cbcm. permanente Gase. Der Gasdruck beträgt rund 10.000 Atmosphären.

Um die Sensibilität des Nitroglycerins herabzusetzen, und zugleich die mit der Anwendung flüssiger Sprengstoffe verbundene Nachtheile zu vermeiden, wird dasselbe bekanntlich in Form von Guhrdynamiten oder von Sprenggelatine verwendet.

Im ersteren Falle ist die Wirkung eine geringere als diejenige, welche das entsprechende Gewicht reinen Nitroglycerins ausübt, indem die nicht vergasende Mineralsubstanz

Digitized by Google

einen Theil der bei der Explosion frei werdenden Wärmemenge aufnimmt. Eine weitergehende Herabsetzung der Explosionstemperatur läßt sich dadurch erreichen, daß man dem Dynamit krystallwasserreiche Salze, wie Krystallsoda oder Glaubersalz, zumengt. Derartige Präparate bieten eine relative Sicherheit gegen die Uebertragung von Feuer auf schlagende Wetter oder Kohlenstaub, und werden unter dem Namen »Wetterdynamite« in Kohlenbergwerken benützt.

Im zweiten Falle wird durch Herstellung von Sprenggelatine die Vergasungsdauer verlängert, was gleichfalls mit Wärmeverlusten verbunden ist; ob jedoch dieser Verlust dadurch ausgeglichen wird, daß die Nitrocellulose auf Kosten des überschüssigen Sauerstoffes das Nitroglycerin vollständig verbrennt, muß vorläufig dahingestellt bleiben.

Die Anwendung des Nitroglycerins. In Europa wird das flüssige Nitroglycerin gegenwärtig, wie schon bemerkt, nicht mehr zum Sprengen verwendet. Dagegen ist es in der Form der verschiedenen Dynamite der herrschende Sprengstoff unserer Zeit geworden.

Die Schwierigkeit, eine vollständige Entzündung einer größeren, in einem Bohrloche eingeschlossenen Menge Nitroglycerin zu bewirken, überwand Nobel dadurch, daß er Schießpulver mit Nitroglycerin tränkte (auf 100 Theile des ersteren 40 Theile des letzteren). Das Schwarzpulver wurde in zinkblecherne Patronenhülsen geschüttet, dann so viel Nitroglycerin hinzugegossen, als in den Zwischenräumen Platz fand (40 Percent genügten hierzu), und die so gefüllte Patrone mit einem Kork verschlossen oder zugelöthet. Bei Anwendung derselben wurde sie mit ihrer Kante nach unten in das Bohrloch gebracht, das etwa 0·006 Meter weiter sein mußte als die Patrone dick war; dann wurde der zwischen Patrone und Bohrlochwand befindliche Raum mit Kanonenpulver angefüllt, dieses auch noch 0·026 Meter hoch über die Patrone geschüttet, eine Zündschnur in das Pulver gesteckt und durch dieser nach gewöhnlicher Besetzung des Bohrloches die Ladung entzündet.

Digitized by Google

Späterhin fand Nobel, daß das geeignetste Mittel zur sicheren Explosion von Nitroglycerin der durch die Detonation von Knallquecksilber oder sonstigen stark brisanten Knallpräparaten erzeugte plötzliche heftige Stoß sei. Er wandte in Folge dessen von da ab Patentzündhütchen, die mittelst einer Bickford'schen Zündschnur entzündet werden, an. Das Sprengöl bürgerte sich in Folge seiner gewaltigen Wirkungen sehr bald als Sprengstoff ein. Sein Hauptvorzug vor Pulver liegt in seiner größeren Sprengkraft. Nach Nobel ersetzt beim Sprengen ein Bohrloch mit Sprengölladung 10—15 Bohrlöcher mit Pulverladung. Allein im praktischen Gebrauch beim Sprengen in verschiedenem Gestein wechselt die Sprengkraft des Sprengöles sehr; sie zeigte sich drei- bis zwanzigmal, zuweilen auch nicht größer oder gar geringer als die des Pulvers. Sie äußert sich am wirksamsten in dichtem Gestein, welches der Ausdehnung der Explosionsgase nach allen Richtungen hin gleichen Widerstand entgegengesetzt, und sie zeigt in der Regel die geringste Wirkung in Massen, die eine Absonderung nach verschiedenen Richtungen haben. Im Durchschnitte darf man wohl nur annehmen, daß die Sprengkraft des Sprengöls 3·5- bis 4mal größer als die des gewöhnlichen Sprengpulvers ist.

Das Sprengöl kommt, obwohl sein Preis etwa sechsmal so hoch ist als der des Pulvers, und obwohl derselbe mit seiner Durchschnittsleistung nicht im günstigen Verhältniß steht, im Allgemeinen doch billiger als Pulver, und zwar wegen der bedeutenden Zeit und Arbeitsersparniß beim Bohren der Bohrlöcher. Letztere brauchen bei Anwendung von Sprengöl weniger weit zu sein als beim Sprengen mit Pulver.

Als ein Vorzug des Nitroglycerins vor dem Pulver ist es auch zu bezeichnen, daß ersteres ohne Rückstand bei der Explosion verbrennt, also beim Explodiren die Stücke nicht mit einem schwarzen Ueberzuge bedeckt. Fernere Vortheile sind, daß es wegen seiner Unlöslichkeit in Wasser auch zum Sprengen wasserhältiger Bohrlöcher verwendet werden kann, in denen das über dem Sprengöl stehende Wasser

Digitized by Google

gleich als Besatz dient; daß es ferner durch eine Lichtflamme nicht zum Explodiren gebracht werden kann und durch Feuchtigkeit nicht unbrauchbar wird.

Die mannigfaltigen Nachtheile jedoch, welche mit der Anwendung eines flüssigen Sprengstoffes verbunden sind, führten Nobel dazu, das Sprengöl von porösen festen Körpern auffaugen zu lassen und in dieser festen Form als Dynamit zu verwenden.

Was die sonstigen Anwendungen des Nitroglycerins betrifft, so hat Nobel es zu Signal- und Nothschüssen empfohlen

Als er sich 1863 sein mit Nitroglycerin getränktes Schießpulver hatte patentiren lassen, wurde unter seiner Leitung in der Festung Carlsborg am Wetternsee in Schweden Granaten, mit dem patentirten Sprengpulver gefüllt, geworfen, wobei sich eine fünf- bis siebenfache Wirkung des neuen Pulvers gegen gewöhnliches Kanonenpulver herausstellte. 30pfündige Kugeln wurden damit dreimal weiter als mit Pulver geworfen.

Raketen, welche als Versetzung $^1/_2$ Kgr. Nitroglycerin enthielten, wurden 300 Meter hoch getrieben und entluden sich dann mit heftigem Knall und heller Lichterscheinung.

Der früheren medicinischen Verwendung des Nitroglycerins in Amerika unter der Bezeichnung »Glonoin« haben wir bereits bei der Geschichte dieses Sprengstoffes gedacht.

Neuerdings hat man Nitroglycerin als Mittel gegen Angina pectoris und gegen Seekrankheit empfohlen. Man imprägnirt zu diesem Zwecke kleine Täfelchen, denen Chocolade-Parfüm beigebracht ist, mit je einem Tropfen einer ein procentigen Nitroglycerinlösung und führt die Täfelchen in einer Büchse verschlossen bei sich.

2. Die Nitroglycerin-Präparate (Dynamite und Sprenggelatine).

Die mit dem flüssigen Aggregatzustande des Nitroglycerins verbundenen mannigfachen Uebelstände, namentlich

Digitized by Google

aber auch das Bestreben, das Sprengöl durch Vermischen mit einem unwirksamen, festen Bestandtheil weniger gefahrvoll in seiner Handhabung zu machen, führten dazu, daß man das Sprengöl von porösen festen Stoffen aufsaugen ließ und in dieser neuen Form unter dem Namen Dynamit anwendete.

Ursprünglich verstand man unter Dynamit nur das durch Aufsaugen von Sprengöl durch Kieselguhr erhaltene Präparat (das heutige Kieselguhr-Dynamit Nr. 1). Gegenwärtig versteht man unter Dynamiten überhaupt jeden mit Nitroglycerin getränkten Explosivstoff, wobei die Natur des Aufsaugestoffes ganz einerlei ist.

Die Kieselguhr wird fälschlich als Infusorienerde bezeichnet, indem man früher die Diatomeen, aus welchen sie besteht, für Infusorienpanzer hielt, sie stammen jedoch von einer zur Classe der Algen gehörigen Pflanzenfamilie. Diese waren mit einem sehr kieselsäurereichen Gehäuse umgeben, unter dem Mikroskope zeigen sie eine schalen-, schiffchen- oder röhrenartige Form. Die Kieselguhr besitzt ein mehlartiges Aussehen und fühlt sich auch mehlartig an, die Farbe ist im reinen Zustande weiß, gewöhnlich jedoch durch verschiedene Verunreinigungen gelblich, röthlich oder grünlich. Vor der Verarbeitung zu Dynamit wird die Kieselguhr geröstet, um die anhaftende organische Substanz zu zerstören, und dann gewalzt Die beste Kieselguhr stammt aus der Provinz Hannover.

Die ziemlich zahlreiche Classe der Dynamite läßt sich in zwei von einander scharf getrennte Gruppen theilen, nämlich in die Dynamite mit chemisch unwirksamem Aufsaugestoff und in die Dynamite mit chemisch wirksamem Aufsaugestoff. Zu ersteren gehört eigentlich nur das Kieselguhr-Dynamit Nr. 1. Die Kieselerde, welche das Sprengöl aufgesaugt enthält, übt bei der Explosion des Dynamits Nr. 1 keinerlei chemische Wirkung auf das Nitroglycerin oder seine Explosionsgase aus. Die Kieselerde bildet vielmehr völlig unverändert den Explosionsrückstand des Dynamits Nr. 1.

Ganz anders verhalten sich die Dynamite mit chemisch wirksamem Aufsaugestoff. Letzterer betheiligt sich unter allen

Digitized by Google

Umständen mit seinen chemischen Bestandtheilen an der Explosion und verändert durch seine Mitwirkung die Zusammensetzung und wirkende Kraft der Explosionsgase des Nitroglycerins.

Die Dynamite mit chemisch wirksamem Auffaugestoff haben oft den Zweck, die allzu rasche Explosion des Sprengöls oder des Dynamits Nr. 1 zu verlangsamen und die brisante (heftig sprengende) Wirkung der Explosionsgase des Nitroglycerins in eine mehr treibende, stoßende zu verwandeln. Zugleich sind viele dieser Dynamite gefahrloser zu handhaben, als Dynamit Nr. 1, weil sie weit weniger Sprengöl als letzteres enthalten. Dadurch aber, daß der chemisch wirksame Auffaugestoff die Verbrennung des Dynamits zu einer möglichst vollständigen macht, wird bewirkt, daß manche der Dynamite mit chemisch wirksamem Auffaugestoff bei gleichem Gehalt der Patronen an Nitroglycerin wirksamer sind als Dynamit Nr. 1.

Die Dynamite mit chemisch wirksamem Auffaugestoff lassen sich ihrerseits wieder in drei Classen theilen und können wir unterscheiden: 1. Dynamite, welche als Bestandtheile Kieselguhr-Dynamit (respective Nitroglycerin) und eine schießpulverähnliche Mischung enthalten. Hierher gehören der Lithofracteur, der füglich als aus Dynamit und Barytsalpeter-Schießpulver zusammengesetzt angenommen werden kann, ferner das Coloniapulver, ein jetzt nicht mehr verwendetes Dynamit, welches aus Nitroglycerin, aufgesaugt von einer sprengpulverähnlichen Mischung, bestand; endlich Brain's Sprengpulver, eine schwefelfreie pulverähnliche Mischung, die Nitroglycerin aufgesaugt enthält. 2. Dynamite, deren Auffaugestoff Holzsubstanz oder nitrirte Holzsubstanz ist. Hierher gehören die Lignose (mit Nitroglycerin getränkte Holzfaser), das Dualin (mit Nitroglycerin getränktes nitrirtes Sägemehl), das Cellulose-Dynamit (mit Nitroglycerin getränkter eigenthümlich präparirter Holzstoff), sowie die Dynamite 2, 3 und 4 (mit Nitroglycerin getränkte Mischungen von Holzmehl und Salpeter oder ähnlichen Stoffen). 3. Dynamite, welche Schießwolle, respective Collodiumwolle und

Digitized by Google

Nitroglycerin enthalten. Hierher gehören das Schießwoll-Dynamit und die Spreng-Gelatine (Gelatine-Dynamit).

Von allen diesen Dynamiten sind von größerer Wichtigkeit nur Kieselguhr-Dynamit 1, Dynamit 2, 3 und 4, Cellulose-Dynamit, Spreng-Gelatine und Lithofracteur.

a) Dynamite mit chemisch unwirksamem Aufsaugestoff.

Das Kieselghr-Dynamit. Man sagt, daß ein Zufall Nobel zu der so wichtigen Entdeckung dieses Dynamits geführt habe. Die Infusorienerde wurde längere Zeit zur Verpackung der Sprengöl enthaltenden Blechflaschen benützt; nach dem Auslaufen einer solchen hatte man die Aufsaugungsfähigkeit der Infusorienerde bemerkt und sich durch Versuche überzeugt, daß die explosiven Wirkungen des Nitroglycerins fast vollkommen erhalten waren, dagegen die Neigung zum Explodiren erheblich vermindert erschien.

Nach anderen Angaben jedoch ist das Dynamit die Erfindung des Oberbergraths Schell zu Grund bei Klausthal am Harz, der zuerst das als Sprengöl verwendete Nitroglycerin mit leichten porösen Erden vermengte und durch dieselben aufsaugen ließ. Wie dem auch sei, so ist jedenfalls Nobel es gewesen, der das Dynamit in die Sprengtechnik einführte.

Die Fabrikation des Kieselguhr-Dynamits. Die als Aufsaugestoff des Nitroglycerins verwendete Infusorienerde kommt an mehreren Orten, besonders schön und geeignet für die Dynamit-Fabrikation jedoch in einem ausgedehnten Lager bei Oberohe (Provinz Hannover) vor. Als für die Fabrikation des Dynamits schädliche Bestandtheile der Infusorienerde sind zu betrachten ihr Gehalt an Feuchtigkeit, organischen Stoffen und an gröberen Kieselkörnern. Zur Entfernung der beiden erstgenannten Bestandtheile wird die Infusorienerde geglüht. Sie kommt in einen Ofen, welcher vier über einander liegende Etagen enthält, in denen die Infusorienerde allmählich von den oberen nach den unteren geschoben wird. Zur Beseitigung der gröberen

Digitized by Google

Kieselkörner wird die geglühte Infusorienerde mittelst Handwalzen zerdrückt und durch Siebe geschüttet, welche die noch vorhandenen gröberen Körner zurückhalten.

Die Mischung des Nitroglycerins wird meist in demselben Schuppen vorgenommen, wo die zum letzten Entsäuren des Nitroglycerins dienende »Buttermaschine« aufgestellt ist. 50 Pfund Infusorienerde werden in flachen Holzkasten mit 150 Pfund Sprengöl übergossen, worauf die Arbeiter die Masse mit bloßer Hand durchkneten. Da das Nitroglycerin — wie schon bei diesem erwähnt wurde — leicht in die Haut eindringt, so hatte man den Arbeitern Gummihandschuhe gegeben, um sie vor den giftigen Wirkungen des Nitroglycerins zu schützen. Die Handschuhe wurden jedoch bald wieder abgeschafft, da die Arbeiter das Durchkneten mit bloßer Hand als bequemer vorziehen.

In einer halben Stunde ist die Mischung vollendet. Die Masse kommt nunmehr auf Siebe aus Eisendraht, deren Maschen eine halbe Linie weit sind, und wird mittelst des Ballens der bloßen Hand durch die Siebelöcher gerieben. Die durchgesiebte Masse ist fertiges Kieselguhr-Dynamit, welches nur noch in Patronen gebracht werden muß.

Die Dynamit-Patronen sind kleine Cylinder in denen gepreßter Dynamit mit einer primitiven Umwicklung von starkem Pergamentpapier enthalten ist. Man unterscheidet drei Sorten Dynamit-Patronen: 1. gewöhnliche Dynamit-Patronen von 1—4 Zoll Länge und 1 Zoll Durchmesser; 2. Zündpatronen von 1 Zoll Länge und 1 Zoll Durchmesser; 3. Zündpatronen für gefrorenes Dynamit.

Die erstgenannten Patronen werden bei ihrem Gebrauche gewöhnlich von ihrer Papierhülle befreit und im Bohrloche fest gedrückt. Die Zündpatronen dienen zur Aufnahme des Zündhütchens, respective der Zündschnur, welche in dem Zündhütchen festgeklemmt wird. Die Patronen für gefrorenen Dynamit enthalten außer gewöhnlichem Dynamit noch Gemische von Salpeter und Colophonium oder von chlorsaurem Kalium und Schwefelantimon, oder ähnliche Zusätze, welche durch

Digitized by Google

das Zündhütchen zuerst entzündet werden und sodann das gefrorene Dynamit zur Explosion bringen.

Das Formen der Patronen wird auf folgende Weise bewerkstelligt: Ungefähr 5 Kgr. Dynamit befinden sich in einem Leinwandbehälter, der unten offen ist und sich dort an ein trichterförmiges Messingstück anschließt. In dieses Messingstück reicht ein Kolben, welcher von oben in den Leinwandsack eintrifft und durch einen Hebel auf und ab bewegt werden kann. Bei der höchsten Stellung des Kolbens bleibt die Mündung des Trichters offen, so daß Dynamit eintreten kann, welches beim Niedergange des Kolbens in den Trichter und den damit verbundenen röhrenförmigen Ansatz gepreßt wird und in Gestalt eines festen Cylinders von Dynamit unten austritt.

Der obere Rand des Leinwandsackes ist mit dem Hebel des Kolbens in Verbindung, der ihn also auf- und abrüttelt. Außerdem sind an den Seiten des Leinwandsackes Holzklappen angebracht, welche ebenfalls mit dem Hebel in Verbindung stehen und den Sack hin und her schütteln. So rückt das Dynamit beim Auf- und Niedergehen des Kolbens fortwährend nach.

Die unten am Trichter angeschraubte Röhre hat im Lichten den Durchmesser der Dynamitpatronen. Wenn nun durch die Bewegungen des Kolbenhebels diese Röhre ganz gefüllt worden, wird ein entsprechendes Blatt Pergamentpapier herumgewickelt und der Cylinder von Pergament unter der Mündung der Röhre umgeschlagen, respective geschlossen. Bei der weiteren Bewegung des Kolbenhebels schiebt sich dann unten ein Cylinder von Dynamit vor, welcher die Hülse aus Pergament mitnimmt.

Eine Dynamitfabrik hat in der Regel etwa 10 kleinere Patronenhütten, in deren jeder 2 Maschinen und 2 Mann arbeiten. Jede Patronenhütte ist von der anderen durch einen Erdwall von 12 Fuß getrennt. Oft ist noch eine vollständige Reservefabrik gebaut für den Fall, daß die in Betrieb stehende ganz oder theilweise in die Luft fliegt. Die Schuppen sind aus Holz leicht gebaut, Dach und Seiten-

Digitized by Google

wände sind von innen mit Stroh gefüttert, so daß im Winter die Temperatur bequem auf 15 Grad erhalten werden kann. Die Beleuchtung geschieht von außen. Der Boden ist lockerer, feiner Sand.

Gefährlich bei der Fabrikation des Dynamits ist das Mengen der Infusorienerde mit dem Sprengöl, sowie das Einpressen des fertigen Dynamits in die Patronenformen. Unglücksfälle sind also auch bei dieser Fabrikation leider nicht ausgeschlossen.

Es läßt sich zuversichtlich behaupten, daß die allermeisten Explosionen nicht stattgefunden hätten, wenn die nöthige Vorsicht nicht außer Acht gelassen worden wäre. Gerade die relativ große Gefahrlosigkeit, mit welcher Dynamit sich handhaben läßt, erweckt in dem ungebildeten Arbeiter nur zu leicht das Gefühl der Sicherheit. Mit grenzenlosestem Leichtsinne wird das Dynamit nur zu häufig behandelt oder vielmehr mißhandelt, und es ist nur zu verwundern, daß die Explosionen nicht noch zahlreicher sind. Nur genaueste Unterweisung über die explosiven Eigenschaften des Dynamits, genaueste Anweisungen über seine Behandlung und rücksichtsloseste Strenge gegen jeden Zuwiderhandelnden vermag diesen traurigen Explosionen in Zukunft vorzubeugen.

Eigenschaften des Dynamits. Das Dynamit ist eine teigartige plastische Masse von 1·4 specifischem Gewicht und von gelb-röthlicher Farbe, fettig anzufühlen und ohne Geruch. Es besteht etwa aus 75 Theilen Nitroglycerin und 25 Theilen Kieselguhr.

Das Dynamit läßt sich nur durch explosive Körper, Zündhütchen, durch glühende Metalle, durch plötzliches Erhitzen auf einen hohen Wärmegrad und durch heftigen Schlag und Stoß zur Explosion bringen. Bei seiner Berührung mit Licht, Lunte oder einer brennenden Zündschnur verbrennt es, ohne zu explodiren, wie feuchtes Papier. Es liegt dies daran, daß Dynamit, wie überhaupt alle aus dem Nitroglycerin gefertigten Präparate, zu den nicht direct explodirbaren Körpern gehört, weil seine Explosionstemperatur beträchtlich höher liegt als seine Entzündungstemperatur.

Digitized by Google

Die Kieselguhr des Dynamits hält das aufgesaugte Nitroglycerin so fest, daß letzteres selbst durch starken Druck nicht herausgepreßt wird. Die Ursache, weshalb ein so beträchtlicher Zusatz von Kieselguhr zu dem Nitroglycerin die explodirende Wirkung des letzteren nur sehr wenig vermindert, liegt daran, daß diese Mischung den ununterbrochenen Zusammenhang der explosiven Substanz nicht unterbricht. Das von einer solchen Mischung umgebene detonirende Knallqueckſilber der Zündhütchen befindet sich an allen Punkten mit einem Theile des Nitroglycerins in Berührung, ohne daß der Zusammenhang der Theile des letzteren aufgehoben ist. Es pflanzt sich daher die Detonation durch das Gemenge mit derselben Leichtigkeit fort, wie wenn die Flüssigkeit nicht mit einem solchen Körper gemengt wäre. Mengt man aber einen festen trägen Körper mit einem gleichfalls festen, fein zertheilten Explosivstoff, so ist die Entwicklung der Explosion oder ihre rasche Fortpflanzung gehemmt, und zwar entweder in Folge der Verminderung der Berührungspunkte zwischen dem detonirenden Initial-Agens und der Substanz deren Explosionen das erstere bewirken soll, oder durch die Schranke, welche die zwischenliegenden, nicht explodirbaren Theilchen der schnellen Fortpflanzung der Explosion entgegensetzen, oder auch durch beide Ursachen. So wird z. B. die leichte Explodirbarkeit des Knallqueckſilbers sehr beträchtlich abgeschwächt, wenn man letzteres mit einem unwirksamen feinen Pulver, z. B. spanischem Weiß vermischt.

Durch Berührung mit Feuer oder glühenden Körpern verbrennt Dynamit selbst in Mengen von mehreren Kilogrammen ohne Explosion, wenn es nicht in sehr festen Hüllen eingeschlossen ist. Temperaturen unter 60 Grad C. haben selbst bei langer Dauer keine nachtheilige Einwirkung auf Dynamite. Diese können also ohne Schaden der Sonnenwärme ausgesetzt werden.

Durch Berührung der Schleimhäute der Nase oder des Mundes mit Dynamit können heftige Kopfschmerzen entstehen, daher einige Vorsicht vor solch' directer Berührung

Digitized by Google

zu beobachten ist, was umso leichter möglich ist, da alles Dynamit in fertigen Patronen geliefert wird.

Durch sehr starke Stöße und Schläge zwischen harten Körpern kann Dynamit explodiren, dagegen wird es selbst durch sehr heftige Stöße von Holz gegen beliebige Unterlagen nicht zur Explosion gebracht. Legt man Dynamit auf einen Amboß, so gelingt es nur durch die stärksten Hammerschläge, die direct getroffenen Theile zur Explosion zu bringen. Im Allgemeinen ist also das Dynamit ein ungefährlich zu handhabender Körper. Jedoch muß man sich stets der in ihm nur leise schlummernden höchst explosiven Kräfte erinnern und bei seiner Handhabung die äußerste Vorsicht nie außer Acht lassen.

Eine bekannte Eigenthümlichkeit des Dynamits ist es, daß es seine enorme Kraft vorzugsweise nur gegen die nächste Umgebung, namentlich gegen eine feste Unterlage richtet. Eine Anwendung davon hat man z. B. beim Rammelsberger Bergbau gemacht zur vortheilhaften Zerkleinerung der durch Sprengarbeit gewonnenen großen Schwefelkiesstücke. Eine Dynamitpatrone wird fest auf die obere Fläche eines solchen Erzstückes gelegt, mit feuchtem Thon dicht überdeckt und angezündet. Das Erzstück wird durch die nach unten drückende Kraft des explodirenden Dynamits auseinander geworfen oder so in seinem Zusammenhang gelockert, daß es leicht zerschlagen oder durch eine zweite Dynamitauflage vollends gesprengt werden kann.

Bei Temperaturen unter 8 Grad gefriert das im Dynamit enthaltene Nitroglycerin und ersteres wird hart. Gefrorenes Dynamit wird auf dieselbe Weise wie gefrorenes Nitroglycerin unter Beobachtung derselben Vorsichtsmaßregeln aufgethaut. (Siehe den Dynamit-Wärmeapparat in der »praktischen Anwendung der explosiven Stoffe«).

Das gefrorene (und zwar ganz, nicht theilweise gefrorene) Dynamit ist gegen Stoß, Schlag, Schuß und Wärme unempfindlicher als nicht gefrorenes. Die Gründe für dieses Verhalten sind genau dieselben wie bei gefrorenem Nitroglycerin.

Digitized by Google

Die relative Gefahrlosigkeit, welche mit der Handhabung und dem Transporte des Dynamits verbunden ist, haben zahlreiche Versuche dargethan. Wir erwähnen hiervon nur die bekannter gewordenen schweizerischen Versuche von Bolley, Pestalozzi und Kundt. Diese Versuche sollten namentlich auch die Größe des Stoßes bestimmen, welcher zur Entzündung nöthig ist. Es wurden zu diesen Zwecke Blechpatronen, in welchen das Sprengmateriel fest eingeschlossen war, aus Windbüchsen gegen eine $13^1/_2$ Meter entfernte senkrechte Felswand abgeschossen. Die dünnwandigen Patronen explodirten, die dickwandigen nicht, wohl wegen ihrer geringeren Anfangsgeschwindigkeit. Diese wurde zu 40 Meter in einer Secunde ermittelt. Durch eine Bickford'sche Zündschnur wurde nicht einmal eine Entzündung erreicht.

Die Anwendung des Kieselguhr-Dynamits. Die Vorzüge, welche Dynamit als Sprengmittel vor dem Schwarzpulver besitzt, bestehen in der weit einfacheren und kürzeren Fabrikation des Dynamits, in der großen Zeit-, Kosten- und Arbeiter-Ersparniß und in der größeren Verwendbarkeit des Dynamits z. B. in feuchtem Gestein oder ohne Herstellung eines Besatzes. Bei Sprengungen unter Wasser sind wasserdichte Hüllen für die Dynamit-Patronen nothwendig.

Kein anderer Sprengstoff hat nur im Entferntesten eine so vielseitige Verwendung bis jetzt gefunden, wie das Dynamit in seinen verschiedenen Nummern (Dynamit 1, 2, 3 und 4). In der Civilsprengtechnik wird es angewendet zu Sprengungen von Gestein, Holz, Eis, Eisen, Mauerwerk, zur Lockerung des Bodens in der Land- und Gartenwirthschaft, sowie zur Beseitigung von Wurzelstöcken in der Forstwirthschaft; in der Kriegstechnik gebraucht man es zur Zerstörung von Geschützen, Mauerwerk, Pallisaden, sowie zu submarinen Sprengungen als Füllung von Seeminen und Torpedos, soferne im letzteren Falle nicht gepreßte Schießbaumwolle Verwendung findet.

Die gewaltige Erschütterung, welche eine unter Wasser explodirende Dynamitpatrone erzeugt, hat zur Folge, daß die Fische in weitem Umkreis betäubt werden und auf der Oberfläche

Digitized by Google

des Wassers sich ansammeln. Man hat dies benutzt, um während der Belagerung von Paris Fischerei im Großen zu betreiben. Auch Wilderer benützen wohl nicht selten dieses allerdings sehr bequeme Verfahren des widerrechtlichen Fischfanges.

Das Kieselguhr-Dynamit Nr. 1 ist bis jetzt eigentlich der einzige Repräsentant der Dynamite mit chemisch unwirksamem Auffaugestoff.

Man hat auch präparirten, calcinirten Thon als Ersatzmittel der Infusorienerde empfohlen. Namentlich eignet sich hierzu der englische China Clay, welcher gegenwärtig in großem Maße nach dem Continent (zur Papier- und Steingut-Fabrikation) ausgeführt wird. Wenn dieser den Kaolinen nahestehende Thon gelinde geglüht und hierauf fein gemahlen wird, so steht er der Infusorienerde in keiner Hinsicht an Auffaugefähigkeit nach. Ja er übertrifft sie sogar noch wegen seiner alkalischen Beschaffenheit. Dieser geringe Gehalt an Alkali würde bei einer etwa eintretenden Zersetzung des Nitroglycerins die entstehende Säure sofort binden, das heißt die Zersetzung gefahrlos machen. Außerdem würde durch Anwendung von geglühtem Thon in vielen Fällen der oft sehr weite Transport der Infusorienerde vermieden werden.

Man würde also einen derartigen Dynamit zum Unterschied von dem gewöhnlichen Kieselguhr-Dynamit »Thon-Dynamit« zu nennen haben.

Auch Boghead-Kohlenasche hat man als Auffaugestoff empfohlen.

b) Dynamite mit chemisch wirksamem Auffaugestoff

Hierher gehören, wie an früherer Stelle schon angeführt wurde, Lithofracteur (Colonialpulver), Brain's Sprengpulver, Lignose, Dualin, Cellulose-Dynamit, Dynamit Nr. 2, 3 und 4, Schießwoll-Dynamit und Gelatine-Dynamit (Spreng-Gelatine). Wir wollen diese Explosivstoffe der Reihe nach besprechen.

Digitized by Google

1. Lithofracteur. Ueber diesen, von Engels erfundenen und von Gebr. Krebs & Comp. in Köln fabricirten Sprengstoff, welcher in seiner Wirkung dem Kieselguhr-Dynamit nahezu ebenbürtig erscheint, sind häufig nur dürftige und oft unrichtige Angaben gemacht worden.

Der Krebs'sche Lithofracteur enthält in 100 Theilen 55 Theile Nitroglycerin, und obgleich dieses um 20 Theile weniger ist als in Kieselguhr-Dynamit 1, so ist trotzdem die Explosionskraft des Lithofracteurs größer als in Dynamit 1 wegen der absolut vollständigen Verbrennung des Nitroglycerins und der Anwesenheit anderer chemisch auf einander wirkenden Substanzen, die bei der Explosion eine sehr hohe Temperatur und eine große Menge hochgespannter Gase entwickeln. In Folge der Natur dieser Substanzen und der vollständigen Verbrennung des Nitroglycerins im Lithofrateur, bestehen die Gase nur aus Kohlensäure, Stickstoff, Wassergas und einer Spur schwefliger Säure, sind frei, von Dampf und in keiner Weise der Gesundheit schädlich oder durch Rauch die Leuchtkraft der Lampen in den Bergwerken beschränkend.

Die 45 Theile außer Nitroglycerin, welche den Lithofracteur zusammensetzen, enthalten nur 21 Theile Infusorienerde und 24 Theile andere, absorbirende Substanzen, welche das Nitroglycerin nicht nur in Suspension halten, sondern bei der Explosion sich fast vollständig in Gase von hoher Temperatur und Spannung umsetzen.

Diese Substanzen sind Kohle, präparirte Weizenkleie, präparirtes Sägemehl, Barytsalpeter, doppeltkohlensaures Natron, Braunstein und Schwefel. Sie sind in solchen Verhältnissen gewählt, daß sie bei der Explosion die höchste Temperatur und größte Gasmenge entwickeln, dabei waren die folgenden Gesichtspunkte maßgebend. Holzkohle, präparirte Kleie und präparirtes Sägemehl, das von Harz befreit und mit Salpeter getränkt ist, sind nicht nur gute Absorptionsmittel für Nitroglycerin, sondern sie werden auch bei der Explosion durch den Ueberschuß an Sauerstoff vollständig in Kohlensäure und Wasserdampf verwandelt.

Digitized by Google

Der in kleiner Menge zugeführte Schwefel wird gleichfalls in ein Gas, schweflige Säure, verwandelt, während Barytsalpeter und Braunstein in hoher Temperatur eine große Menge freien Sauerstoffs abgeben, der die vollständige Verbrennung von Nitroglycerin, Kohle, Kleie, Sägemehl und Schwefel bewirkt und die höchstmögliche Temperatur hervorbringt.

Endlich hat der Zusatz einer geringen Menge von doppeltkohlensaurem Natron einen zweifachen Zweck. Bei der Aufbewahrung und Darstellung des Lithofracteur wirkt es als Schutzmittel gegen freiwillige Zersetzung, die bei Nitroglycerin möglich wäre, das durch Unvorsichtigkeit nicht ganz frei von Säure sein sollte, weil solche Spuren von Säure durch die Gegenwart des doppeltkohlensauren Natrons neutralisirt werden. Wenn ferner der Lithofracteur gezündet ist, wird das doppeltkohlensaure Natron durch die bei der Explosion entwickelte ungeheure Hitze in freie Kohlensäure und kaustische Soda zerlegt, wodurch die Menge der expandirenden Gase und die Kraft des Sprengmittels überhaupt wesentlich vermehrt werden.

Beim Verbrennen einer Lithofracteur-Patrone in freier Luft entwickelt sich nicht der mindeste Rauch; ebensowenig ist ein Geruch dabei bemerkbar. Der Lithofracteur brennt gleichmäßig mit orangegelber Flamme ab und hinterläßt eine zusammengesinterte, scharf anzufühlende, graue Asche.

Diese Asche giebt beim Behandeln mit Wasser im Filtrat nur eine schwache Reaction auf Baryt; ein Beweis, daß der im Lithofracteur enthaltene (in Wasser lösliche) salpetersaure Baryt beim Verbrennen eine fast vollständige Zersetzung erlitten hat, insofern als sich kieselsaurer Baryt bildet und der Stickstoff der Salpetersäure des ursprünglichen salpetersauren Baryts frei geworden ist und seine expansive Kraft ausgeübt hat.

Es ist ferner in dem Filtrat keine Schwefelverbindung nachzuweisen. Beim Behandeln des Rückstandes mit Salzsäure findet keine Kohlensäure-Entwicklung statt; eine äußerst schwache Reaction auf Schwefelwasserstoff ist bemerkbar. Es

Digitized by Google

hat also auch der geringe Gehalt an Schwefel eine Zersetzung erlitten.

Die übrigen organischen Substanzen haben bei der Verbrennung theils dieselbe gefördert, theils durch Bildung ihrer eigenen Gase vortheilhaft die explosive Kraft des Sprengstoffes vermehrt.

Faßt man nun die Zusammensetzung des Lithofracteur genauer ins Auge, so finden sich in demselben annähernd dieselben Substanzen wie im gewöhnlichen schwarzen Pulver, vermischt mit Dynamit. Anstatt des Kalisalpeters im Pulver vertritt hier der Barytsalpeter dessen Stelle. Den Kohlenstoffgehalt liefern die übrigen Substanzen, während Nitroglycerin und Infusorienerde (die Bestandtheile des Kieselguhr-Dynamits) den anderen Theil des Sprengstoffes ausmachen.

Der Lithofracteur kann hiernach als ein Zwischenglied von Pulver und Dynamit betrachtet werden, und ist es in der That. Er besitzt einerseits bei der Explosion die treibende Kraft des Schießpulvers, andererseits die brisante Kraft des Dynamits, und ist aus diesen Ursachen jedem der beiden einzelnen Materialien in allen Fällen vorzuziehen, wo eine mehr hebende und zerklüftende als zermalmende Wirkung bei Gesteinssprengungen erzielt werden soll. Die Entwicklung der Gase bei der Verbrennung des Lithofracteur ist eine verlangsamte und wirkt ohne Kraftverlust im weiteren Umkreise auf den betreffenden Widerstand.

Gegen starken Druck und Stoß ist Lithofracteur in hohem Grade unempfindlich. Eine Gewehrkugel, welche durch eine Lithofracteur-Patrone geschossen wurde, bewirkte nicht Entzündung. Eine mit 330 Gramm geladene Granate wurde abgefeuert und crepirte beim Aufschlage nicht. Eine Büchse mit 2·5 Kgr. Lithofracteur wurde beim Falle aus einer Höhe von 50 Meter zertrümmert, explodirte jedoch nicht. Dagegen explodirt Lithofracteur bei kräftigem Schlag von Eisen auf Eisen.

Nach Luckow soll die beste Sorte Lithofracteur so viel leisten wie die sechs- bis siebenfache Menge Sprengpulver.

Digitized by Google

Versuche, welche mit Dynamit und Lithofracteur am Brisanzmesser angestellt wurden, ergaben folgende Resultate:

Eine Patrone, mit 20 Gr. Lithofracteur geladen und abgebrannt, zeigte am Brisanzmesser 12·25 Grad, desgleichen eine mit 20 Gr. Dynamit 14·50 Grad.

Eine andere Patrone mit 20 Gr. Dynamit (mit 75 Procent Nitroglycerin) gab ebenfalls 14·50 Grad, dagegen eine Patrone mit Lithofracteur von 27·25 Gramm, also mit demselben Nitroglyceringehalt, ergab 15 Grad am Brisanzmesser.

Das größere Resultat der Wirkung bei Lithofracteur muß daher, bei gleichem Gehalt der Patronen an Nitroglycerin, den übrigen zugesetzten Substanzen zuerkannt werden, wodurch sich eben der Lithofracteur vom Dynamit augenfällig unterscheidet.

Es ist nicht selten beobachtet worden, daß Dynamit-Patronen, namentlich wenn dieselben lang sind, nur theilweise explodiren, so daß der untere, vom Zündhütchen entferntere Theil unverbrannt liegen bleibt oder bei Sprengungen ohne Bohrloch mit losem Besatz, ein Theil der Patrone, ohne zu explodiren, weggeschleudert wird und daher wirkungslos ist.

Bei Lithofracteur sind diese Beobachtungen nicht gemacht worden und hat dies seinen Grund in den durch die ganze Masse vertheilten, leicht entzündbaren Substanzen und seiner nicht allzu raschen Verbrennung.

Ein anderer Vorzug des Lithofracteur vor dem Dynamit soll darin bestehen, daß er bei feuchtem und regnerischem Wetter, wo Sprengmaterial ohne äußere Umhüllung angewendet werden muß, stets zur Explosion gebracht werden kann, während in demselben Falle Dynamit manchmal versagt.

Eine andere Zusammensetzung des Lithofracteur wird folgendermaßen angegeben: 54·5 Theile Nitroglycerin, 14·75 Theile Barytsalpeter, 2 Theile Braunstein, 2 Theile Soda, 2 Theile Holzmehl, 1 Theil Kleie, 7 Theile Schwefel und 16·75 Theile Kieselguhr.

2. Das Coloniapulver. Wie der Lithofracteur aufzufassen ist als ein mit den Bestandtheilen des Schießpulvers vermischtes Kieselguhr-Dynamit, so ist das Coloniapulver

Digitized by Google

eine mit Nitroglycerin getränkte, in ihrer Zusammensetzung etwas veränderte Schwarzpulver-Mischung.

Das Coloniapulver wurde von Wasserfuhr in Köln in den Handel gebracht. Es gab frisch fabricirt ganz brillante Resultate. Nach Versuchen bei Bonn sollte das Präparat unter günstigen Umständen fünf- bis sechsmal so stark als gewöhnliches Pulver wirken. Bei längerem Liegen zeigte es jedoch den erheblichen Uebelstand, daß sich das Nitroglycerin ausschied und dadurch Gefahren bei der Anwendung bot. Es wird deshalb schon seit vielen Jahren nicht mehr fabricirt.

3. Brain's Sprengpulver. Dieses Pulver ist die Erfindung des englischen Bergingenieurs W. B. Brain, und besteht aus 60 Procent eines Satzes, der aus chlorsaurem Kalium, salpetersaurem Kalium, Holzkohle und Eichensägemehl zusammengesetzt ist, und 40 Procent von demselben aufgesaugten Sprengöl.

Die Kraft dieses Sprengmittels ist 25 bis 30 Procent höher als die eines gleichen Gewichtes Dynamites anzunehmen. Charakteristisch für den Sprengstoff ist, daß seine Wirkung mit zunehmendem Widerstande und der Härte des zu sprengenden Materiales rasch zunimmt. In den Basaltbrüchen ist seine Wirkung eine ganz enorme, wie die Versuche in dem Basaltbruch von Adrian bei Oberkaffel im Siebengebirge gezeigt haben. Dagegen ist im Löß seine Wirkung äußerst gering, weil die Masse zu lose und zu weich ist.

Mit einer Zündschnur ohne Zündhütchen entzündet, brennt das Pulver mit rother, ziemlich rauchender Flamme rasch, aber ohne Explosion ab.

4. Lignose. Während die bisher besprochenen drei Dynamite mit chemisch-wirksamem Aufsaugestoff füglich betrachtet werden können als Mischungen von Nitroglycerin, respective Dynamit mit etwas veränderten Bestandtheilen des Schwarzpulvers, sind die nun folgenden Dynamite Mischungen von Holzsubstanz, respective nitrirter Holzsubstanz

Digitized by Google

mit Nitroglycerin, dem zuweilen noch ein Sauerstoffträger (Salpeter) beigemengt ist.

Die Lignose ist mit Nitroglycerin getränkte Holzfaser. Dieselbe ist von Baron von Trützschler-Falkenstein in Müggelsheim bei Köpenik erfunden, und wurde bald nach ihrer Erfindung eine Lignosefabrik bei Kielisch an der Rechte Oder-Ufer-Bahn errichtet.

5. Das Dualin. Dasselbe ist von dem (auf einer Reise in Nordamerika im Jahre 1871 ermordeten) Artillerielieutenant Dittmar erfunden und ist ein Gemisch von Nitroglycerin mit Sägespänen, oder Holzzeug der Papierfabriken, das vorher mit einem Gemisch von Salpeter- und Schwefelsäure behandelt oder auch nur mit einer Lösung von Kalisalpeter getränkt wurde.

Das Dualin ist ein gelblichbraunes Pulver von dem specifischen Gewicht 1·02. An freier Luft brennt es ohne Explosion. Jedoch ist es gegen Stoß, Schlag und Feuer empfindlicher als Kieselguhr-Dynamit und Lithofracteur. Namentlich wurde beobachtet, daß beim Ausbohren der Patrone behufs Einsetzung des Zündhütchens Unfälle vorkamen. Jetzt werden besondere Zündpatronen geliefert, in denen eine Aushöhlung zur Aufnahme der Kapseln angebracht ist.

Die Entzündung des Dualins erfolgt am besten durch ein starkes Zündhütchen, jedoch soll an trockenem Orte und bei festem Besatze auch eine Zündschnur schon genügen.

Die Dualin-Patronen sind zum Schutz gegen Feuchtigkeit mit Wasserglas überzogen.

Die Nachtheile des Dualins gegenüber dem Dynamit bestehen in seiner gefahrvolleren Handhabung und in seinem geringen specifischen Gewicht, wodurch die Ladungen einen weit größeren Raum einnehmen und in Folge dessen die Bohrlöcher entsprechend weiter gebohrt werden müssen. Auch ist die Holzfaser kein so guter Aufsaugestoff wie Kieselguhr und sind deshalb stärkere Patronenhüllen erforderlich.

Die Sprengmittel Sebastin und Serranin sind wahrscheinlich dualinähnliche Mischungen.

Digitized by Google

6. Das Cellulose-Dynamit. Dasselbe wurde von dem früheren k. k. österr. Geniehauptmann J. Trauzl erfunden und hat speciell präparirten Holzfaserstoff als Aufsauger des Nitroglycerins. Es vereinigt alle Vortheile des Kieselguhr-Dynamits mit dem Vortheile der Schießwolle, gegen Einwirkungen des Wassers unempfindlich zu sein. Der auf eigenthümliche Weise behandelte Holzstoff ist ein vollkommen geeigneter Aufsaugestoff, der 70—75 Procent Sprengöl aufnimmt.

Dieses Sprengmittel bleibt in Berührung mit Wasser in seinen Mischungsverhältnissen constant und erlangt nach dem Auspressen und Trocknen vollkommen seine frühere Kraft. Es kann selbst bei 20 Procent Wassergehalt, wo es schon die Entzündlichkeit verloren hat, noch zur vollen Explosion gebracht werden.

Da über die Fabrikation dieses wichtigen Sprengstoffes Näheres nicht bekannt geworden ist, enthalten wir uns hier weiterer Bemerkungen.

7. Die Dynamite 2, 3 und 4. Dieselben sind ein Gemenge von Salpeter und kohlenstoffhaltigen Körpern (wie Holzmehl), welche als Aufsauger des Nitroglycerins dienen. Sie sind schwächer als Gelatine-Dynamit, Kieselguhr-Dynamit Nr. 1 und Cellulose-Dynamit.

Die Zusammensetzung dieser Dynamite wird folgendermaßen angegeben:

	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4
Nitroglycerin	60	70	50
Kieselguhr	10	—	—
Holzstoff	10	20	15
Baryumnitrat	20	10	35

Bei langem Liegen im Wasser scheidet sich ihr Nitroglyceringehalt aus (dasselbe Verhalten zeigt auch Dynamit 1) und der Affauger (Salpeter und Holzmehl) wird unverbrennlich und dabei unexplosibel gemacht. Nur kurze Zeit

Digitized by Google

der Einwirkung des Wassers ausgesetzt, wie solches im Bergbau meist der Fall ist, bleiben sie völlig unverändert.

Alle Ladungen von Dynamit 1, 2, 3 und 4, welche unter Wasser zur Verwendung kommen, sollen durch wasserdichte Hüllen gegen den Einfluß der Nässe geschützt werden, beim Gelatine-Dynamit und Cellulose-Dynamit ist dies nicht nöthig.

Je mehr die Dynamite 2, 3 und 4 von dem Aufsaugestoff enthalten — und der Gehalt an letzterem steigt mit der steigenden Nummer des Dynamits — destomehr kommt die Wirkung desselben bei der Explosion zur Geltung und tritt dagegen die des Nitroglycerins zurück. Demgemäß äußern die starken Dynamitsorten Nr. 1 und 2 eine mehr brechende, die schwächeren Dynamitsorten Nr. 3 und 4 eine mehr stoßende, dem Pulver ähnlichere Wirkung.

Diese Abstufung in der Wirkungsweise der Dynamite 1, 2, 3 und 4 macht ihren Gebrauch gerade so werthvoll. Die Fälle, in welchen wir in der Sprengtechnik Dynamit 1 oder 2, 3 oder 4 anzuwenden haben, sind genau durch die Art der Wirkung jedes dieser Dynamite vorgeschrieben.

8. Wir kommen nunmehr zu denjenigen Dynamiten, welche durch Vermischen von Schießwolle, respective Collodiumwolle, mit Nitroglycerin erzeugt werden.

Trauzl hat Versuche angestellt, die mit Nitroglycerin getränkte Schießwolle unter dem Namen »Schießwoll-Dynamit« zu verwerthen. Er fand, daß das Gemisch, welches durchaus gefahrlos zu handhaben und aufzubewahren ist, noch mit 15 Procent Wassergehalt in hohem Grade explosiv wirkt, wenn es mit starkem Zünder entzündet wird. Eine Mischung von 73 Theilen Nitroglycerin, 25 Theilen Schießwolle und 2 Theilen Kohle nahm nach viertägigem Liegen im Wasser 15 Procent von letzterem auf, konnte jedoch noch leicht zur Explosion mit einem starken Zünder gebracht werden.

Die offenbaren Vorzüge dieses Schießwoll-Dynamits waren die Ursache, daß man auch aus Collodiumwolle und Dynamit eine explosive Mischung herzustellen versuchte. Auf

Digitized by Google

diese Weise wurde die Sprenggelatine (Gelatine-Dynamit) erfunden, ein Explosivstoff, welcher bestimmt war, einen bedeutenden Fortschritt in der Erzeugung der Explosivstoffe hervorzubringen.

Die Darstellung der Sprenggelatine beruht auf der schon wiederholt erwähnten Thatsache, daß die niederen Nitrirungsstufen der Cellulose, wie die acht und neun Nitrogruppen enthaltende Collodiumwolle in Aether löslich sind. Da nun Nitroglycerin ebenfalls ein Aether ist (siehe S. 191), so wird Collodiumwolle auch von diesem gelöst. Collodiumwolle bildet somit den vollkommensten Saugstoff für Nitroglycerin, sie selbst ist schon fast ein Explosivstoff, verändert aber auch die Eigenschaften des Dynamits wesentlich. Ein halbes Procent Collodiumwolle genügt, um das Nitroglycerin in eine dicke, sulzige Masse zu verwandeln, und acht Procent, wie sie gewöhnlich zur Darstellung der Sprenggelatine verwendet werden, erlauben die Bereitung eines zähen, festen und hornartigen Körpers, welcher mit dem Messer geschnitten und geformt werden kann, während die beste Kieselguhr höchstens 80 Procent Nitroglycerin aufzunehmen vermag.

Zur Bereitung der Sprenggelatine wird Nitroglycerin in kupfernen Pfannen auf 60 Grad erwärmt, und mit den Händen Nitrocelluloſe bis zur Entstehung einer festen Masse eingemengt. Diese bleibt 3 bis 6 Stunden in den Pfannen liegen, während dieser Zeit wird das zur Erwärmung dienende Wasser von 90 bis 97 Grad unter den Pfannen wiederholt gewechselt, bis die Masse ein vollständig durchscheinendes Aussehen erhält. Hierauf wird sie noch zwei bis drei Tage in einem auf 50 Grad erwärmten Raum aufbewahrt. Die Gelatine gelangt sodann in besonders construirte Pressen, in welchen sie zu Würsten geformt, und dann gleich dem Dynamite behandelt wird. Um sie gegen besonders heftige Stöße, so z. B. gegen das Einschlagen von Gewehrkugeln, unempfindlich zu machen, wird ihr für Kriegszwecke ein Zusatz von Campher gegeben. Dann sind aber besondere Zündpatronen zur Herbeiführung der Detonation

Digitized by Google

erforderlich. An Stelle des Camphers werden auch Schiffpech, Harz, Anilin, Diphenylamin, Tannin u. s. w. vorgeschlagen.

Gewöhnlich besteht die Sprenggelatine aus 92 Procent Nitroglycerin und 8 Procent Collodiumwolle. Manchmal sind einige Procent der letzteren durch Salpeter ersetzt.

Da die Sprenggelatine manchmal Nitroglycerin beim Lagern austreten läßt, und überhaupt keine besondere Stabilität besitzt, finden für Sprengarbeiten hauptsächlich die Gelatinedynamite Verwendung.

Die Gelatinedynamite fabricirt man aus Nitroglycerin und etwa 3 Procent Collodiumwolle, indem man ersteres in durch Wasser von 97 Grad angewärmten Kupferpfannen auf 50 bis 60 Grad anwärmt, und dann die Nitrocellulose mit den Händen einmischt. Nach einstündigem Erwärmen entsteht eine syrupartige Masse, in welcher das aus Salpeter, Holzmehl und Soda bestehende Zumischpulver eingemengt wird, letzteres besitzt aufsaugende Eigenschaften. Mittelst einer Art Wurstmaschine mit treibender Schnecke werden die Gelatinedynamite patronirt.

Das Gelatinedynamit Nr. 1, welches gewöhnlich für Sprengarbeiten Anwendung findet, besteht in Deutschland aus:

Procent		Procent		Procent
65	Gelatine . . .	$96^{2}/_{13}$	Nitroglycerin . .	62·50
		$3^{11}/_{13}$	Collodiumwolle .	2·50
35	Zumischpulver .	75	Natronsalpeter .	26·25
		24	Holzmehl	8·40
		1	Soda	0·35
				100·00

Dieses Gelatinedynamit führt auch die Bezeichnung Gelignit.

In England wird Gelatinedynamit aus 80 Procent Gelatine und 20 Procent Zumischpulver bereitet.

Digitized by Google

Die schwächeren Dynamite Nr. 2 und 3 bestehen aus:

Nr. 2. 45 Proc. Gelatine und 55 Proc. Zumischpulver
Nr. 3. 14 » Nitroglycerin » 86 » »

Das Zumischpulver ist in folgender Weise zusammengesetzt:

70 Procent Natronsalpeter,
15 » Schwefel,
14 » Holzkohle,
1 » Soda.

Besonders kräftige Gelatindynamite erhält man auch durch Zusatz von Ammoniumnitrat, wie z. B. Ammongelatine, Extradynamit u. s. w.

Anhang zu den Dynamiten. Wir haben nun noch kurz verschiedene Dynamite zu erwähnen, die in der Sprengtechnik Anwendung finden. Dieselben gehören zu den Dynamiten mit chemisch-wirksamem Aufsaugestoff, lassen sich jedoch nicht gut in eine der von uns aufgestellten drei Unterabtheilungen einreihen. Diese Dynamite sind:

Das Fulminatin. Es ist von Justus Fuchs (in Alt-Berau in Schlesien) erfunden worden und ist ein Gemisch von Nitroglycerin mit einer verbrennlichen organischen Substanz (angeblich Scheerwolle).

Das Pantopollit besteht aus 20 bis 23 Procent Infusorienerde, 2 bis 3 Procent Kreide, 7 Procent Schwerspath und bis zu 70 Procent einer Lösung von Naphtalin in Sprengöl. Dieser Sprengstoff wurde von der rheinischen Dynamitfabrik zu Opladen fabricirt. Das Naphtalin sollte die bei der Explosion sich bildenden lästigen Dämpfe verhindern. Die Sprengwirkung war gut, jedoch der nach dem Abthun der Schüsse auftretende Rauch und Geruch so unangenehm, daß die Arbeiter sofort über heftige Kopf- und Brustschmerzen klagten und längere Zeit nicht weiter gearbeitet werden konnte.

Rhexit von C. Diller enthält 64 Nitroglycerin, 11 Holzmoder, 7 Holzmehl, 18 Natronsalpeter.

Digitized by Google

Meganit von W. Schuckher & Comp. 60 Nitroglycerin, 10 nitrirtes Holz, 10 nitrirte Steinnüsse, 20 Natronsalpeter.

Carbo-Dynamit von Reid und Borland 90 Nitroglycerin, 10 Korkkohle.

Carbonit von Schmidt und Bichel 25 Nitroglycerin, 40·5 Holzmehl, 34 Natronsalpeter, 0·5 kohlensaures Natron.

Stonit von Schmidt und Bichel 68 Nitroglycerin, 20 Kieselguhr, 4 Holzmehl, 8 Kalisalpeter.

Dynamit von Vonges (Frankreich) 75 Nitroglycerin, 20·8 Randonit (verwitterter Feldspath), 3·8 Quarz, 0·4 kohlensaure Magnesia.

Hercules powder (Amerika) 40 Nitroglycerin, 45 Natronsalpeter, 11 Holzstoff, 1 Kochsalz, 1 kohlensaure Magnesia.

Vulcan powder (Amerika) 30 Nitroglycerin, 52·5 Natronsalpeter, 7 Schwefel, 10·5 Holzkohle.

Safety nitro powder (Amerika) 68·81 Nitroglycerin, 18·35 Natronsalpeter, 12·84 Holzstoff.

Judson powder (Amerika) 5 Nitroglycerin, 64 Natronsalpeter, 16 Schwefel, 15 Cannelkohle.

Atlaspowder (Amerika) 75 Nitroglycerin, 2 Natronsalpeter, 21 Holzfaser, 2 kohlensaure Magnesia.

Vigorit (Amerika) 75 Nitroglycerin, 49 chlorsaures Kalium, 7 Kalisalpeter, 9 Holzstoff, 5 kohlensaure Magnesia.

Eine besondere Erwähnung verdienen überdies noch die sogenannten Wetterdynamite.

Die in den Kohlengruben auftretenden »schlagenden Wetter« sind eine Mischung von Grubengas (Methan CH_4) mit mindestens 6 Theilen Luft, Mischungen mit mehr Grubengas sind nicht explosiv. Wird ein derartiges Gasgemenge entzündet, so verbrennt es unter furchtbarer Explosion, welcher jährlich leider noch immer zahlreiche Menschenleben zum Opfer fallen. Auch Kohlenstaub, wenn derselbe in der Luft in feiner Vertheilung vorhanden ist, entzündet sich leicht, die Verbrennung schreitet rasch weiter und nimmt

Digitized by Google

einen explosionsähnlichen Charakter an. Die Entzündung derartiger Gemenge kann außer durch unvorsichtige Handhabung des Grubenlichtes auch durch die Sprengarbeit erfolgen. Erstens ist daher in Gruben, in welchen die Gefahr schlagender Wetter oder von Staubexplosionen vorhanden ist, die Zündung der Sprengladungen nur mittelst Elektricität vorzunehmen, zweitens dürfen direct explodirende Stoffe, wie Pulver u. s. w., nicht verwendet werden, da diese zu langsam verbrennen, so daß sich die Kohle schon abzulösen beginnt, so lange noch ein Theil der Ladung im Bohrloch vorhanden ist, die offene Verbrennung derselben kann dann die Explosion herbeiführen. Man darf daher nur sehr brisante Explosivstoffe, das Dynamit stärkster Gattung, anwenden, die Gefahr wird dadurch ganz wesentlich vermindert, und durch aufmerksame Wahl der Ladungsmenge wird auch der Uebelstand der zu starken Zertrümmerung der Kohle umgangen.

Mallard und Le Chatelier fanden ferner, daß alle Explosivstoffe, deren Entzündungstemperatur unter 2200 Grad liegt, schlagende Wetter nicht zu zünden vermögen. Zu diesen Explosivstoffen gehören alle jene, welche salpetersaures Ammon in größerer Menge enthalten, wie Roburit, Ammon-Gelatine, Bellit u. s. w.

Neuerlich versucht man auch — abgesehen von den Vorschlägen, die Bohrlöcher mit Wasser zu besetzen, oder die Patronen in mit Wasser oder Sand gefüllte Hülsen zu stecken, um derart eine Berührung der Luft mit der Explosionsflamme zu vermeiden — dem Dynamit Krystallsoda oder schwefelsaures Natron beizumengen, deren hoher Gehalt an Krystallwasser bei der Explosion verdampft und eine Art Wassermantel bildet.

Derartige Wetterdynamite zeigen folgende Zusammensetzungen:

Wetterdynamit der Firma Nobel:

Nitroglycerin . . .	52 Procent
Kieselguhr	14 »
Krystallsoda	34 »

Digitized by Google

Ammon-Wetterdynamite:

	I	II	III
Nitroglycerin . .	60	50	40
Salmiak . . .	40	50	60

Diese Sorten sind minder sicher als das Soda-Wetterdynamit und entwickeln bei der Explosion lästige Salmiakdämpfe. Das erstere gilt auch von dem

Wetterdynamit von Kubin:

	I	II	III
Nitrobenzolgelatine .	30	42	50
Ammoniumnitrat .	40	8	—
Ammoniumsulfat .	30	—	50

Folgende Zusammensetzung für Wetterdynamite hat sich jedoch vollkommen bewährt, da selbst bei Anwendung von 1000 Gr. keine Explosion eintrat:

Guhrdynamit:	I	II
Sprengöl . . .	45	40
Kieselguhr . . .	12	10
Magnesiumsulfat	42	19
Soda	1	1

Gelatinedynamit:	II	II
Sprengöl . . .	38·5	25
Zumischpulver .	18	10
Magnesiumsulfat .	42·5	64
Soda	1	1

Ein Uebelstand aller Wetterdynamite besteht jedoch darin, daß durch den Sodazusatz, beziehungsweise durch den Gehalt der Soda an Krystallwasser, welches verdampft werden muß, die Sprengwirkung eine Verminderung erfährt. Solches

Digitized by Google

Dynamit dürfte daher theuerer zu stehen kommen, als stark dosirtes, gewöhnliches Dynamit, dessen Anwendung in der Regel die gleiche Sicherheit bieten wird.

III. Sprengel's Explosivstoffe.

Sprengel's Explosivstoffe sollten den Vorzug besitzen, daß sie während ihrer Fabrikation und Aufbewahrung, sowie während ihres Transportes nicht explosiv sind. Es wird dies dadurch erreicht, daß man den Sauerstoffträger (also diejenige Substanz, welche dem Salpeter des Schwarzpulvers entspricht) getrennt von der organischen Substanz bis zu dem Augenblicke aufbewahrt, wo man sich der explosiven Mischung bedienen will.

Alle organischen Substanzen sind zwar verbrennlich, können also durch geeignete Bedingungen in Gase, die ihrer Natur nach in eingeschlossenem Raume treibende und sprengende Wirkung ausüben müssen, verwandelt werden. Deshalb ist aber noch lange nicht jede organische Substanz ohneweiters geeignet, Bestandtheil einer explosiven Mischung zu werden. Zu diesem Zwecke muß die betreffende organische Substanz auch fast momentan, und zwar durch die in der Sprengtechnik gebräuchlichen Zündmittel (siehe den betreffenden Abschnitt) zur Verbrennung gebracht werden können. Gerade diese momentan vor sich gehende Verbrennung macht ja das Wesen einer Explosion aus.

Sprengel hat nun gefunden, daß zahlreiche Kohlenwasserstoffe (d. h. solche organische Substanzen, welche nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff zusammengesetzt sind) mit Sauerstoffträgern (Salpetersäure und chlorsaurem Kalium) zusammengemengt, durch die heftige Erschütterung einer detonirenden Zündkapsel zur Explosion gebracht werden.

Digitized by Google

Löst man beispielsweise Carbolsäure in Salpetersäure auf, so erhält man eine derartige explosive Mischung. Man könnte also Carbolsäure und Salpetersäure getrennt bis zu dem Augenblicke aufbewahren, wo man die explosive Mischung aus ihnen bereiten will, sie alsdann vermischen und durch die Erschütterung einer detonirenden Zündkapsel zur Explosion bringen.

Allein man würde dabei einen Uebelstand völlig übersehen. Bei der Auflösung von Carbolsäure (Phenol) in Salpetersäure bildet sich eine sogenannte Nitroverbindung, nämlich Trinitrophenol, welches unter dem Namen Pikrinsäure bekannter ist. Es geht hierbei derselbe chemische Proceß vor sich, welcher aus Baumwolle (Cellulose) Schießbaumwolle (Nitrocellulose) und aus Glycerin Nitroglycerin entstehen läßt, falls man genannte organische Substanzen der Einwirkung von Salpetersäure aussetzt. Dieser Vorgang ist jedoch in allen drei Fällen mit einer Erwärmung der Masse verbunden. Wollte man also eine Mischung von Carbolsäure und Salpetersäure direct als explosive Mischung benützen, so würde man Gefahr laufen, daß diese Mischung sich rasch bis zur Entzündungstemperatur erwärmte und daß die Explosion eher erfolgte, als dies in der Absicht lag.

Deshalb verwendet Sprengel nicht die Carbolsäure direct, sondern ihr mit der Salpetersäure gebildetes Reactionsproduct, das heißt also die Pikrinsäure. Mischt man letztere mit Salpetersäure, so sinkt die Temperatur so beträchtlich, daß man diese gemengte Masse sogar als Kältemischung benützen kann.

Das Verfahren von Sprengel, im Jahre 1873 angegeben, besteht nun, allgemein ausgedrückt, darin, daß aus geeigneten Kohlenwasserstoffen durch Einwirkung von Salpetersäure die Nitroverbindungen dieser Kohlenwasserstoffe darstellt und alsdann letztere, mit einem Sauerstoffträger vermengt, durch eine Zündkapsel zur Detonation gebracht werden. Als Sauerstoffträger wendet er Salpeter-

Digitized by Google

säure oder chlorsaures Kalium an und demgemäß theilt er seine Explosivstoffe ein in saure und neutrale.

1. Sprengel's saure Explosivstoffe. Hierher gehören hauptsächlich zwei explosive Mischungen, und zwar 1. Nitrobenzol und Salpetersäure und 2. Pikrinsäure und Salpetersäure.

Diese Gemische werden in solchen Gewichtsverhältnissen hergestellt, daß der Theorie nach ihre gegenseitige Oxydation und Desoxydation vollständig erfolgen kann. Auf 28·08 Theile Nitrobenzol nimmt man 71·92 Theile Salpetersäure (von 1·50 specifischem Gewicht) und auf 58·3 Theile Pikrinsäure 47·7 Theile Salpetersäure. Bei der Explosion dieser Gemische bilden sich, wie Sprengel angiebt, nur Kohlensäure, Stickstoff und Wassergas, die explosive Mischung verwandelt sich also vollständig in Gase. Es sollte eben gerade nach Sprengel ein wesentlicher Vorzug seiner Explosivstoffe der sein, daß sie nach der Explosion keine nutzlosen Reste hinterlassen, weder Kohle, wie die Schießbaumwolle, noch überschüssigen Sauerstoff, wie das Nitroglycerin. Das bei der Verbrennung der Schießbaumwolle keine Kohle hinterbleibt, wurde schon besprochen.

Zur Entzündung seiner Explosivgemische benützt Sprengel die von Abel und Brown beschriebene Zündkapsel.

Dieselbe besteht aus einem konischen Metallröhrchen von der ungefähren Stärke eines Gänsekiels und von 5·6 Cm. Länge, welches mit 0·65 Gr. Knallquecksilber gefüllt ist.

Eine solche Kapsel wird auf das Ende einer Sicherheitszündschnur, wie dieselben beim Bergbau gebräuchlich sind, aufgesteckt und das mit dieser Kapsel versehene Ende der Schnur entweder frei oder mit einem dünnen, an einem Ende geschlossenen Glasrohre von 10 Cm. Länge umgeben, in die Mitte des zu entzündenden Gemisches eingeführt. Durch Anzünden des anderen aus der Ladung heraushängenden Endes der Zündschnur wird das Knallquecksilber zum Detoniren gebracht, wodurch seine Hülle heftig erschüttert und seine Kraftäußerung auf die in einer offenen,

Digitized by Google

weitmundigen, je 20—100 Gr. enthaltenden Glasflasche befindliche Explosivladung übertragen wird.

Durch Vermehrung oder Verminderung des nitrirten Kohlenwasserstoffs (Nitrobenzol oder Pikrinsäure) sind wir im Stande — ähnlich wie beim Schießpulver durch Vermehrung oder Verminderung der Holzkohle — in den Zersetzungsgasen entweder Kohlenoxyd oder Kohlensäure, oder ein Gemenge von diesen beiden Gasen, mit einem Worte mehr Gas und weniger Wärme, oder aber weniger Gas und mehr Wärme zu erzeugen.

Das in den oben angegebenen Gewichtsverhältnissen bereitete Gemisch von Nitrobenzol mit Salpetersäure explodirt, mittelst eines Detonationszünders entzündet, mit intensiver Heftigkeit. Beim Vermischen des Nitrobenzols mit der Salpetersäure tritt Anfangs Erwärmung der Flüssigkeit ein, deshalb muß man bei der Fabrikation in größerem Maßstabe Kühlvorrichtungen anwenden.

Mit Infusorienerde versetzt und innig gemengt, verbrennt das Gemisch mit einer blassen Flamme, wie etwa Dynamit, doch weniger lebhaft.

Gleiche Mengen (je 35 Gr.) von dem Nitrobenzolgemisch, von Schießbaumwolle und von Nitroglycerin wurden auf 7·6 Cm. starken Fichtenbrettern zum Explodiren gebracht und riefen in allen drei Fällen fast ganz gleiche Wirkungen hervor. Das Holz wurde durchgeschlagen und zersplittert.

Ob diese Präparate, wenn sie mit einander gemischt, längere Zeit aufbewahrt werden, an Wirksamkeit verlieren, ist nicht beobachtet worden. Es ist dies auch ganz gleichgiltig, da sie ja gar nicht *zusammen*, sondern *getrennt von einander* aufbewahrt werden sollen.

Durch Zusatz einer geringen Menge von Wasser scheint die Explodirbarkeit der *Sprengel'schen* Sprengstoffe zerstört zu werden.

Als ein Nachtheil der sauren Explosivstoffe ist zu bezeichnen, daß sie hygroskopisch (Feuchtigkeit anziehend), sowie

Digitized by Google

wegen der ätzenden Eigenschaften der Salpetersäure schwer zu handhaben sind.

2. Sprengel's neutrale Explosivstoffe. Es sind dies ähnliche Mischungen wie die vorigen, nur daß sie statt Salpetersäure chlorsaures Kalium als Sauerstoffträger enthalten. Das chlorsaure Kalium giebt beim Vermengen mit beinahe allen organischen Substanzen explosive Mischungen. Jedoch ist das Mengen von festen organischen Substanzen mit chlorsaurem Kalium eine sehr gefahrvolle Operation. Deshalb wendet Sprengel, um Reibung zu vermeiden, nur Flüssigkeiten an (wie Benzol) oder solche feste Substanzen, welche leicht zu einer Flüssigkeit schmelzen (wie Carbolsäure). Diese Flüssigkeiten, respective geschmolzenen festen Substanzen werden mit porösen Kuchen oder Stücken von chlorsaurem Kalium in Berührung gebracht, wobei sie von letzterem ruhig und gefahrlos absorbirt werden. Diese Kuchenwürfel von chlorsaurem Kalium erhält man durch Pressen des mit Wasser angefeuchteten Salzpulvers. Nach dem Trocknen besitzen sie die Cohärenz des Hutzuckers.

Als nun Sprengel auf derartige mit Kohlenwasserstoffen gesättigte Kuchen von chlorsaurem Kalium die Detonation von 0·65 Gr. Knallqueckſilber einwirken ließ, trat keine Explosion ein. Letztere erfolgte erst dann, wenn die dem Salzkuchen einverleibte Flüssigkeit eine gewisse Menge von Schwefel oder einer Nitroverbindung enthielt. So z. B. explodirten sie sehr heftig bei einem Zusatz von Schwefelkohlenstoff, Nitrobenzol, $^1/_2$ Benzol und $^1/_2$ Schwefelkohlenstoff, $^3/_4$ Petroleum und $^1/_4$ Schwefelkohlenstoff, sowie von mit Schwefel gesättigtem Benzol oder Petroleum.

Solche Gemenge in Granitbrüchen (bei Tagebauten) zum Sprengen verwendet, erwiesen sich ungefähr viermal so wirksam wie gleiche Gewichtsmengen gewöhnlichen Sprengpulvers (Schwarzpulvers).

Diese Sprengel'schen Explosivstoffe (besonders die sauren) haben den Uebelstand, daß es schwierig ist, ein geeignetes Material für die Patronen zu finden. Wir haben nur die Wahl zwischen Glas, Steinzeug und Eisen. Andere

Digitized by Google

Materialien sind wegen der Beschaffenheit und der ätzenden Wirkung der benützten Flüssigkeiten ausgeschlossen. Papierpatronen lassen sich nicht einmal dann anwenden, wenn man diese Explosivstoffe nach Art des Dynamits mit Kieselguhr tränkt.

Bei der Aufstellung neuer Typen ging Sprengel von der seinerzeit allerdings als richtig angesehenen, nun aber gänzlich verworfenen Auffassung aus, daß jede Explosion auf einen Verbrennungsvorgang beruhe, und daß somit allen Substanzen, deren Sauerstoffgehalt zur vollständigen Verbrennung nicht ausreicht, ein Sauerstoffträger zugeführt werden müsse. Ganz abgesehen davon, daß in einzelnen Fällen die Sprengkraft der unvermischten Substanz direct herabgesetzt wird, wie z. B. bei der Pikrinsäure durch Zusatz von Salpetersäure, ist zu bedenken, daß in allen anderen Fällen die durch Einwirkung der Salpetersäure entstehenden Producte im reinen Zustande weit energischer wirken werden, als die Mischung der Rohmaterialien, welche überdies das nach der Nitrirung nothwendigerweise entstehende Wasser mit eingeschlossen enthält. Ueberdies leiden derartige Sprengstoffmischungen, so hübsch auch die zu Grunde liegende Idee wäre, wenn sie strenge durchgeführt werden könnte, an dem Uebelstande der unsicheren Wirkung und der unbequemen Handhabung. Aus letzterem Grunde hat später Sprengel selbst die Unzweckmäßigkeit seiner Erfindung zugegeben, und auch die von anderen Erfindern vorgeschlagenen Combinationen haben das Aufsehen, welches die Sprengel'sche Erfindung zu Anfang der Siebzigerjahre machte, in keiner Weise gerechtfertigt und sich nicht bewährt. Wir sehen daher auch von der weiteren Besprechung derartiger Explosivstoffe ab.

Digitized by Google

IV. Die Pikratpulver.

Die Pikrinsäure spielt unter den modernen Sprengstoffen eine hervorragende Rolle, indem sie den bisher besprochenen Nitroverbindungen in mancher Beziehung überlegen ist. Insbesondere ist ihre große Stabilität hervorzuheben, und die bedeutende Sicherheit, welche sie gegen zufällige Explosionen bietet. Zunächst findet die Pikrinsäure wohl nur in der Militär-Sprengtechnik ausgedehnte Verwendung, doch ist wohl mit Bestimmtheit anzunehmen, daß sie mit der Zeit auch Anwendung zu Sprengarbeiten der verschiedensten Art finden wird.

Ihrer chemischen Constitution nach ist die Pikrinsäure Trinitrophenol ($C_6H_2(NO_2)_3OH$). Sie wird aus dem Phenol (Carbolsäure, $C_6H_5.OH$) durch Nitrirung gewonnen. Theoretisch verläuft dieser Proceß in folgender Weise:

$$\underset{\text{Phenol}}{C_6H_5.OH} + 3\,\underset{\text{Salpetersäure}}{HNO_3} = \underset{\text{Pikrinsäure}}{C_6H_2(NO_2)_3OH} + 3\,\underset{\text{Wasser}}{H_2O}$$

Zur Darstellung in größeren Mengen wird jedoch zunächst das Phenol durch Behandlung mit Schwefelsäure in Sulfophenolsäure übergeführt, worauf man die Mischung mit Salpetersäure behandelt. Hierbei entstehen, je nach der Concentration und Menge der angewendeten Schwefelsäure und der bei der Erhitzung eingehaltenen Temperatur zunächst Mono-, Di- und Trisulfosäuren des Phenols, welche unter Einwirkung der überschüssigen Salpetersäure — theilweise unter Bildung intermediärer Verbindungen, wie von Nitrosulfosäuren — schließlich in Pikrinsäure übergehen. Die beim Erkalten sich abscheidende Krystallmasse wird nach der Trennung von der anhaftenden Abfallsäure, welche durch Abschleudern bewirkt wird, durch Umkrystallisiren im Wasser gereinigt, worauf man direct, sofern von reinem Phenol

Digitized by Google

ausgegangen wurde, ein Product erhält, welches aus 99·75 Procent Pikrinsäure besteht.

Ferner bildet sich die Pikrinsäure auch bei der Einwirkung von concentrirter Salpetersäure auf verschiedene organische Substanzen, wie Seide, Leder, Wolle u. s. w. Ihre Bildung ist auch die Ursache der Gelbfärbung der Haut durch Salpetersäure.

Aus heißem Wasser und Alkohol krystallisirt Pikrinsäure in Form gelber Blättchen oder Prismen, welche sehr bitter schmecken. Sie ist in 160 Theilen kaltem Wasser, bedeutend leichter jedoch in heißem Wasser löslich, die Lösungen färben Seide und Wolle schön gelb. Bei 117 Grad C. schmilzt sie und verpufft bei raschem Erhitzen.

Die Pikrinsäure vermag auch Salze zu bilden, welche bei weitem explosiver sind als die reine Säure, aber auch minder haltbar sind, als diese, beim Erhitzen verpuffen, und durch einen Schlag mit dem Hammer zur Detonation gebracht werden können. Auch bei der Berührung mit einem brennenden Körper vermögen sie zu detoniren, weshalb sie auch vom Eisenbahntransport ausgeschlossen sind.

Das Kaliumsalz, $C_6H_2(NO_2)_3OK$, krystallisirt in gelben Nadeln, welche sich in 260 Theilen Wasser von 15 Grad C. lösen.

Das Ammoniaksalz bildet große, schöne Nadeln, und ist von allen Salzen der Pikrinsäure am wenigsten sensibel. Aus diesem Grunde wurde es auch vielfach, so insbesondere in Frankreich, zur Herstellung von Geschoßtreibmitteln verwendet. (Siehe Brugère's Pulver.)

Allgemein bekannt wurde die Verwendungsweise der Pikrinsäure durch Turpin's Patent (1886), welches wir, da es über das Verhalten der Pikrinsäure vielfache Auskunft giebt, wortgetreu folgen lassen.

»Bisher herrschte in den bezüglichen Kreisen allgemein die Ansicht, daß Pikrinsäure für sich als Sprengstoff durchaus unbrauchbar wäre, da dieselbe nur die Hälfte von dem zur vollständigen Verbrennung erforderlichen Sauerstoff enthält. Es wurde deshalb vorgeschlagen, dieselbe mit 40 bis

Digitized by Google

55 Procent kräftiger Oxydationsmittel, wie z. B. Chloraten, Nitraten, Chromaten, Salpetersäure ꝛc. zu mischen. Es wurde jedoch bald erkannt, daß in diesem Falle die Pikrinsäure diese Säuren aus ihren Verbindungen zu verdrängen vermag, wodurch leicht Selbstexplosionen entstehen. In Folge dessen verwarf man in der Praxis diese gefährlichen Gemische und schlug vor, statt Pikrinsäure nur Pikrate zu verwenden.

Es geht hieraus hervor, daß Pikrinsäure für sich ohne Vermischung mit einem activen Stoffe niemals als Sprengmittel angewendet worden ist.

Die vorliegende Erfindung basirt nun auf der Beobachtung, daß — im Gegensatz zu den bisher für richtig erachteten Theorien — gerade die unvermischte Pikrinsäure einer der heftigsten und vorzüglichsten Explosivstoffe ist. Die Wirkung derselben übertrifft sowohl die comprimirte Schießbaumwolle als auch verschiedene Dynamite und andere Sprengstoffe; dabei besitzt sie eine beachtenswerthe Stabilität und Unempfindlichkeit gegen Stoß.

Es wurde nämlich gefunden, daß das Maximum der Explosivwirkung keineswegs mit der vollständigen Verbrennung im chemischen Sinne zusammenfällt, sondern vielmehr dann eintritt, wenn die Verbrennung Kohlenoxydgas liefert. Hiernach kann man sehr wohl ein Maximum der Wirkung erzielen, ohne daß dabei auch die Sensibilität des Stoffes ihr Maximum erreicht. Man hat eben irrthümlicher Weise angenommen, die Explosivwirkung sei der entwickelten Wärmemenge proportional, und hat aus diesem Grunde zur Erzielung einer vollkommenen Verbrennung stets einen Ueberschuß von Oxydationsmitteln hinzugefügt. Berücksichtigt man, daß dieselbe Menge Sauerstoff, welche zur Verbrennung von Kohle zu Kohlensäure erforderlich ist, die doppelte Menge Kohle zu Kohlenoxyd zu oxydiren vermag, so ist ersichtlich, daß in diesem Falle eine größere Arbeit geleistet wird, welche durch die höhere Temperatur in ersterem Falle bei Bildung von Kohlensäure keineswegs compensirt wird. Uebrigens wird das Kohlenoxydgas schließlich unter der

Digitized by Google

Einwirkung der Explosionsflamme, sobald es mit der äußeren Luft in Berührung kommt, durch den Sauerstoff derselben ebenfalls zu Kohlensäure oxydirt.

Durch Versuche ist weiter gefunden worden, daß die Pikrinsäure für sich, ohne jede Beimengung, durch eine genügend kräftige Zündmasse zur Explosion gebracht werden kann und hierbei eine ungemein starke Explosivwirkung erzeugt. Außerdem besitzt die Pikrinsäure eine Reihe anderer Eigenschaften, welche dieselbe bei geeigneter Behandlung und Anwendung sowohl für industrielle als militärische Zwecke als Explosivstoff äußerst geeignet machen.

Unter diesen Eigenschaften sind besonders zu nennen:

1. Die absolute chemische Stabilität.
2. » » physikalische »
3. Die Unempfindlichkeit gegen Temperaturunterschiede.
4. Die unbegrenzte Dauerhaftigkeit.
5. Die Nichtaufnahme von Feuchtigkeit.
6. Die Ungefährlichkeit der Fabrikation, des Transports und der Handhabung.
7. Die äußerst schwierige Entzündbarkeit an der Luft.
8. Die bedeutende Sprengwirkung auf Gesteine, welche stärker ist, als die der Schießbaumwolle oder der Dynamite.
9. Die Unempfindlichkeit gegen Stoß.

Diese Unempfindlichkeit der Pikrinsäure gegen äußere Einflüsse, welche letztere bei den zur Zeit gebräuchlichen Sprengmitteln oft zu Unglücksfällen Veranlassung geben, ist wesentlich auf den überschüssigen Gehalt an Kohlenstoff zurückzuführen, und es muß daher als durchaus unrationell gelten, wenn der Pikrisäure Oxydationsstoffe zugesetzt werden, da hierdurch nur die Sensibilität beträchtlich erhöht, die Kraftwirkung aber erniedrigt wird.

Obgleich die unvermischte Pikrinsäure, besonders im feinpulverigen Zustande, an sich schon äußerst unempfindlich ist, so kann diese Eigenschaft behufs noch weiterer Erhöhung der gefahrlosen Handhabung durch verschiedene Verfahren noch erhöht werden, und zwar:

Digitized by Google

1. Durch Compression, wodurch gleichzeitig die Dichtigkeit vermehrt wird. Die Pikrinsäure verhält sich somit umgekehrt wie die Schießbaumwolle, deren Sensibilität durch Comprimiren gerade wesentlich erhöht wird.

2. Durch Vermischen mit einer Lösung arabischen Gummis oder mit irgend einem geeigneten Fett, z. B. schweren Oelen 2c., welch' letztere die Pikrinsäure nach dem Trocknen der Mischung unlöslich machen.

3. Durch Vermischen mit einer 3—5procentigen Gallerte von Collodium in einer Alkohol- und Aethermischung. Die Pikrinsäure wird hierdurch derart verdichtet und zusammengeballt, daß sie bequem in jede beliebige Form gebracht werden kann.

Die auf vorgenannte Weise erhaltene Masse wird in geschlossenen Behältern schon durch 1—3 Gr. Knallquecksilber zur Explosion gebracht.

Das Maximum an Unempfindlichkeit erlangt die Masse beim Schmelzen und empfiehlt sich die Anwendung in diesem Zustande ganz besonders. Die Masse wird dann freiliegend selbst durch ein mitten in der Masse befindliches Zündhütchen mit 3 Gr. Knallquecksilber noch nicht zur Explosion gebracht; nur wenn die Masse in einen Behälter eingeschlossen wird, z. B. als Füllung einer Granate, erfolgt sicher die Explosion.

Die geschmolzene Pikrinsäure verhält sich ähnlich wie angefeuchtete Schießbaumwolle, d. h. man kann sie auch unter Wasser durch einen Zündhut, welcher trockene Pikrinsäure enthält und seinerseits durch Knallquecksilber entzündet wird, zur Explosion bringen.

Die geschmolzene Pikrinsäure explodirt durch Stoßwirkung selbst dann noch nicht, wenn sie beispielsweise als Füllung von Granaten dient, die etwa mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 600 Metern abgeschossen werden. Dagegen ist die Masse von ungemein heftiger Wirkung, wenn dieselbe beim Aufschlagen der Granate durch den Zündhut zur Explosion gebracht wird.

Man schmilzt die Pikrinsäure zweckmäßig in einem Behälter mit doppeltem Boden, welcher mittelst Wasser-

Digitized by Google

dampf oder einer geeigneten entsprechend erhitzten Circulationsflüssigkeit (z. B. Oel, Zinkchloridlösung, Glycerin ꝛc.) auf 130—135 Grad C. erhitzt wird.

Die geschmolzene Masse wird in Formen gegossen, welche der Form, in welcher die Masse in Anwendung kommen soll, entsprechen. Um ein zu rasches Abkühlen zu verhüten, werden die Formen zweckmäßig auf etwa 100 Grad erwärmt. Für Geschoßfüllungen kann die Pikrinsäuremasse sowohl als comprimirtes Pulver, besser aber in geschmolzenem Zustande angewendet werden, da sie in dieser Form durch enge Oeffnungen in beliebig geformte Behälter, Granaten, Torpedos, Röhren ꝛc. gegossen werden kann.

Benützt man die trockene pulverförmige Masse zur Füllung von Petarden, wie sie zur Zerstörung von Eisenbahngeleisen und Mauern beim Militär Anwendung finden, so muß das Pulver in der aus Weißblech, Kupferblech oder Carton bestehenden Büchse fest zusammengeschüttelt werden. Eine solche Füllung aus trockenem Pulver kann direct mittelst 1·5 Gr. Knallquecksilber zur Explosion gebracht werden. Die zusammengeballte oder geschmolzene Pikrinsäure entzündet man zweckmäßig mittelst einer Zwischenmasse aus pulverförmiger Pikrinsäure, welche das mit Knallquecksilber gefüllte Zündhütchen enthält.

Man kann schließlich die Pikrinsäuremasse auch mittelst gewöhnlichen Pulvers entzünden, welches hierzu zweckmäßig in einer geeigneten Röhre in die Sprengmasse eingeführt wird.

Im Feuchten oder unter Wasser muß die Pikrinsäure in eine dichte Hülle gefüllt und vermittelst einer durch Zündmasse entzündeten Zwischenfüllung aus trockener Pikrinsäure oder Pulver zur Explosion gebracht werden. Uebrigens ist die Pikrinsäure in kaltem Wasser fast unlöslich und wird auch noch bei 3 Procent Wassergehalt durch 1·5 Gr. Knallquecksilber zur Explosion gebracht.

In Bezug auf militärische Zwecke kann die Pikrinsäure zur Füllung aller Arten von Hohlgeschossen, von Erd-,

Digitized by Google

Wasser- und Lufttorpedos, Minen, Kartuschen, Petarden u. s. w. dienen.

Ebenso kann die Masse zum Laden von Feuerwerksbomben 2c. und auch dazu benützt werden, andere Sprengstoffe wie Schießbaumwollpulver, welches bis zu 20 Procent Wasser enthalten kann, und Dynamit zur Explosion zu bringen.«

Ueber die am Schlusse der Patentschrift angedeutete Herstellung eines Sprengstoffes aus Pikrinsäure und Collodiumwolle (Melinit) werden wir später sprechen.

Bei der Explosion der Pikrinsäure entstehen nach Sarrau und Vieille Kohlenoxyd, Kohlensäure, Stickstoff, Wasserstoff, Wasserdampf und Methan; das Mengenverhältniß, in welchem diese Producte entstehen, hängt wesentlich von der Dichte der Ladung ab. Wird Pikrinsäure rasch auf 300 Grad erhitzt, so explodirt dieselbe, doch brennt sie an der Luft unter starker Rußbildung bei weitem langsamer ab als Nitroglycerin und Nitrocellulose. Im Gegensatze zu diesen Körpern wird sie auch durch den elektrischen Funken sehr schwierig entflammt, wobei sie jedoch nicht detonirt.

Das sehr sensible Kaliumpikrat zerfällt nach folgender Gleichung:

$$16\,C_6\,H_2\,(NO_2)_3\,OK = 4\,KCN + 6\,K_2\,CO_3 + 21\,CO_2 + 52\,CO + 44\,N + 8\,CH_4 + 5\,C.$$

Im Vergleiche mit der freien Säure ist der Effect jedoch sehr gering.

Wir führen nun die verschiedenen explosiven Mischungen an, welche Pikrinsäure oder eines der genannten beiden pikrinsauren Salze enthalten.

Borlinetto's Sprengpulver. Dasselbe besteht aus 10 Pikrinsäure, 10 Natronsalpeter und 8·5 chromsaurem Kalium. Diese Mischung soll durch Reibung und Stoß nicht explodiren.

Designolle's Pulver wird bereits in großem Maßstabe zu Le Bouchet in Frankreich fabricirt, wie überhaupt

Digitized by Google

in letzterem Lande die Pikratpulver bis jetzt wohl die meiste Berücksichtigung gefunden haben. In genannter Pulverfabrik stellt man vier Sorten Pikratpulver her, eine für Handfeuerwaffen, zwei für Geschütze und eine für Sprenggeschosse, respective Torpedos.

Die Zusammensetzung dieser Pulver ist folgende: a und b für Torpedos, c und d für gewöhnliche, e für großkalibrige Geschütze, f und g für Gewehre.

	a	b	c	d	e	f	g
Kaliumpikrat . .	55	50	16·4	6·9	9	28·6	22·9
Kohle	—	—	9·2	10·7	11	6·4	7·7
Kalisalpeter . . .	45	50	74·4	79·7	80	65·0	69·4

Die Fabrikation des Pikratpulvers geschieht in Le Bouchet auf folgende Weise: Die genannten Bestandtheile werden mit 6—14 Procent Wasser befeuchtet und in Stampfmühlen 3—6 Stunden lang zerkleinert und gemischt, der Satz sodann mit einer hydraulischen Presse verdichtet, gekörnt, durch Siebe sortirt, endlich polirt und getrocknet.

Vorzüge des Designolle'schen Pikratpulvers sind, daß sich weniger Pulverrauch bildet und daß derselbe unschädlich ist, sowie daß die Verbrennungsproducte nicht das Metall angreifen, da Schwefel fehlt.

Angeblich sind 60 Gr. des Designolle'schen Pulvers in ihrer Wirkung 350 Gr. Schwarzpulver gleich. Trotz des höheren ballistischen Werthes soll das Geschützpulver weniger den Rohren zumuthen, also weniger brisant sein als Schwarzpulver.

Brugère's Pikratpulver besteht aus 54 pikrinsaurem Ammoniak und 46 Kalisalpeter. Obwohl dieses Pulver, auf 310 Grad erhitzt, nur mit der halben Geschwindigkeit des Schießpulvers abbrennt, soll es zwei- bis dreimal kräftiger wirken als dieses. Weitere Vorzüge: geringer, nur aus kohlensaurem Kalium bestehender, den Metallen nicht schädlicher Rückstand und wenig Pulverrauch, der geruchlos ist.

Digitized by Google

1 Kgr. dieses Pulvers liefert 480 Liter Gase. In einem Chassepotgewehr leisteten 2·6 Gr. Ladung dasselbe wie die vorschriftsmäßigen 3·5 Gr. Schießpulver.

Bronolith besteht im Wesentlichen aus Doppelsalzen der Natriumpikrate mit anderen Pikraten, insbesondere des Bariums und des Bleis, aus Kalisalpeter und aus hoch nitrirtem Naphtalin. Das letztere soll einerseits durch einen hohen Gehalt an Sauerstoff eine vollkommene Oxydation des Kohlenstoffes herbeiführen, andererseits durch den bedeutenden Stickstoffgehalt die Verbrennung der Sprengmasse verlangsamen.

Durch den Gehalt an Alkalisalzen der Pikrinsäure (Natriumpikrat) ist ein derartiger Sprengstoff zu sensibel, um für die Praxis eine Bedeutung zu erlangen.

Gegen Mitte der Achtzigerjahre wurde dieses Poudre Brugére versuchsweise in der französischen Armee benützt. Trotz seiner erwähnten günstigen Eigenschaften ist man von seiner Verwendung jedoch im Jahre 1885 wieder abgekommen, da das von Vieille erfundene rauchschwache Schießpulver (Nitrocellulose) bei weitem günstigere Eigenschaften besaß.

Viel erwähnt wurde in den letzten Jahren Turpin's Explosivstoff Melinit. Derselbe wird bereitet, indem man Pikrinsäure mit einer 3—5procentigen Gallerte von Collodiumwolle in eine Alkohol- und Aethermischung vermengt, wodurch sie sich stark verdichtet und zusammenballt; durch Schmelzen wird die Masse in dem Maße unempfindlich, daß sie nur noch in geschlossenem Raume, z. B. als Füllung einer Granate, durch Knallquecksilber zur Explosion gebracht wird. Auch kann man sie unter Wasser durch einen Zündhut, welcher trockene Pikrinsäure enthält, und selbst durch Knallquecksilber entzündet wird, zur Explosion bringen.

Durch seine geringe Stabilität wird das Präparat bei längerem Lagern sehr bald unbrauchbar, die wenn auch nur allmählich vor sich gehende Veränderung der Masse ist durch den ausgesprochenen Säurecharakter des Trinitrophenoles bedingt. Dieser Körper vermag sogar aus Alkali-

Digitized by Google

nitrat bei Gegenwart von Wasser Salpetersäure frei zu machen und in analoger Weise bewirkt er eine Zerlegung der Nitrocellulose. Aus diesem Grunde ist das Melinit in seiner ursprünglichen Form schon nach kurzer Zeit vom Schauplatze verschwunden; und das heute in Frankreich als Melinit bezeichnete Product dürfte wohl reine Pikrinsäure sein.

Um reine Pikrinsäure zu verwenden, wird dieselbe in einem auf 130—145 Grad C. erhitzten Bade geschmolzen und, um zu rasches Abkühlen zu vermeiden, in die auf 100 Grad erwärmten Formen oder Hohlgeschosse gegossen. Die Masse wird dann durch pulverförmige Pikrinsäure oder gewöhnliches Schwarzpulver und ein darin eingeführtes Zündhütchen zur Explosion gebracht.

Anstatt die Pikrinsäure in geschmolzenem Zustande in die Umhüllungen (Granaten, Torpedos 2c.) einzugießen oder im trockenen Zustande einzustampfen, was stets mit einer gewissen Gefahr verbunden ist, empfiehlt die chemische Fabrik Gieshеim in Frankfurt a. M. (D. R. P. Nr 69.897) Bindemittel zu verwenden, deren Schmelzpunkt niedriger liegt als derjenige der Pikrinsäure. Dieselben müssen ferner chemisch indifferent, dürfen nicht hygroskopisch sein, und sollen bei warmer Witterung nicht weich werden. Um ferner die Sprengkraft der Pikrinsänre möglichst wenig zu beeinträchtigen, sollen diese Bindemittel womöglichst selbst explosive Eigenschaften haben. Als Bindemittel wird Trinitrotoluol verwendet. Die 5—10 Procent Trinitrotoluol enthaltende Mischung wird in den entsprechenden Formen mit oder ohne Anwendung von Druck kurze Zeit einer Temperatur von mindestens 82 Grad ausgesetzt, und bildet nach dem Erkalten eine harte Masse.

Das Trinitrotoluol besitzt eine etwas geringere Brisanz als die Pikrinsäure. Ein geringer Zusatz wird die Brisanz der Pikrinsäure nur wenig beeinflussen.

Beim Berg- oder Straßenbau, wie auch bei kriegerischer Verwendung ist es jedoch oft erwünscht, die Spannkraft der Pikrinsäure zu mäßigen, was durch einen größeren oder

Digitized by Google

geringeren Zusatz von Trinitrotoluol erreicht wird. Zu bergmännischen oder technischen Zwecken wird die Mischung in Patronenform gebracht. — Um das Abstäuben der Pikrinsäure an der Oberfläche zu vermeiden, werden die Patronen mit Paraffin und dergleichen überzogen.

An Stelle von Trinitrotoluol können auch andere Nitrokörper, deren Schmelzpunkte zwischen 30—120 Grad liegen, verwendet werden, z. B. Dinitrotoluol, Dinitrophenol Di- und Trinitrokresol, Trinitrobenzol, Dinitrobenzol, nitrirte Xylole oder Naphtaline ꝛc.

V. Nitrostärke und Nitrozucker.

Ebenso wie die Cellulose und die mit ihr gleich zusammengesetzte Stärke, geben auch die in ihrer chemischen Zusammensetzung der Cellulose sich nähernden verschiedenen Zuckerarten explosive Nitroverbindungen beim Behandeln mit starker Salpetersäure.

So kennt man einen Nitrorohrzucker, mit dessen weingeistiger Lösung man vorgeschlagen hat, das gewöhnliche Schießpulver zu überkleiden, um letzterem auf diese Weise einen wasserdichten Firniß und zugleich mehr Explosivität zu verleihen. Auch ein Nitromilchzucker ist bekannt.

Von großer Brisanz ist der Nitromannit (Knallmannit). Er wird aus der im Pflanzenreich weit verbreiteten, hauptsächlich im Safte der Mannaesche sich findenden Zuckerart Mannit durch Behandlung mit Salpeterschwefelsäure erhalten.

Man löst den Mannazucker in vier Theilen Salpetersäure, ohne zu erwärmen, und setzt englische Schwefelsäure zu, bis keine Ausscheidung mehr erfolgt. Das ausgeschiedene

Digitized by Google

Product wird gut ausgewaschen und bei 40 Grad getrocknet.

Der Knallmannit besteht in reinem Zustande aus schneeweißen nadelförmigen Krystallen, die in heißem Alkohol und auch in Aether löslich sind.

Derselbe ist ein äußerst stark explodirender Stoff. Er nähert sich hierin dem Knallquecksilber. Schon durch mäßigen Schlag verpufft er; dagegen ist er für Reibung und Erwärmung nicht so empfindlich wie Knallquecksilber. Er besitzt also mit letzterem den Vortheil leichter Entzündlichkeit und starker Wirkung, ohne den Nachtheil des Knallquecksilbers, ein äußerst gefährlich zu handhabender Explosivstoff zu sein, zu theilen. Man hat deshalb den Knallmannit zur gefahrloseren Füllung von Zündhütchen vorgeschlagen.

Einiges Aufsehen erregte seinerzeit die Darstellung der Nitrostärke nach Angaben der Actiengesellschaft Dynamit Nobel (D. R. P. Nr. 57711). Nach diesem Verfahren wird Kartoffelstärke bei 100 Grad C. getrocknet, gemahlen, hierauf bei 20—25 Grad unter beständigem Rühren in Salpetersäure vom specifischen Gewicht 1·501, und zwar im Verhältnisse von 10 Kgr. Stärke auf 100 Kgr. Säure, gelöst. Zur Fällung der gelösten Stärke wird die Salpetersäurestärkelösung in eine Mischung von Schwefelsäure und Salpetersäure eingetragen, wozu die Abfallsäuren der Nitroglycerin-Fabrikation Verwendung finden, da durch Anwendung eines frischen Säuregemisches die Fällung nicht verbessert, sondern nur vertheuert würde. Die zur Anwendung kommende Abfallsäure enthält 70 Procent Schwefelsäuremonohydrat und 10 Procent Salpetersäuremonohydrat; sie wird im Verhältniß von 500 Kgr. Stärkelösung mit letzterer in der Weise gemischt, daß man die Salpetersäurestärkelösung bei einer Temperatur von 20—25 Grad in den die Abfallsäure enthaltenden Fällungsapparat mittelst einer Zerstäubevorrichtung in sehr fein vertheiltem Zustande einführt, wodurch die Nitrostärke in Form eines sehr feinen Mehles ausgefällt wird, und auf ein Filter aus Schießbaumwolle fällt, auf welchem sie liegen bleibt, während die

Digitized by Google

Säure nach Beendigung die Ausfällung abgelassen wird und klar abläuft. Die zurückbleibende Nitrostärke wird von der anhaftenden Säure durch Abpressen befreit, was vortheilhaft in mit Siebböden versehenen Töpfen unter der hydraulischen Presse geschieht, worauf die erhaltenen Preßkuchen unter kräftigem Rühren in Wasser eingetragen und bis zur neutralen Reaction ausgewaschen werden. Der weiteren Behandlung mit 5procentiger Sodalösung durch 24 Stunden folgt dann das Mahlen im Kollergang. Hierdurch wird die Masse in einen milchartigen Brei verwandelt, der ausgeschleudert oder in Filterpressen ausgewaschen und schließlich mit einer Lösung von Annilin getränkt wird, um die Nitrostärke zu stabilisiren. Dies geschieht in solchem Verhältnisse, daß die ausgeschleuderte, ungefähr 33 Procent Feuchtigkeit enthaltende Masse 1 Procent Anilin enthält. In diesem Zustande wird die Nitrostärke bis zu ihrer weiteren Verwendung aufbewahrt. — Der Lösungsapparat (Fig. 36) besteht aus einem Bleigefäß, welches mit einem äußeren und inneren Kühlmantel A und B versehen ist. Das Kühlwasser strömt bei a in die Mantelfläche A ein, geht durch die Röhre b in den inneren Kühlmantel B und fließt durch ein Rohr c ab. Der innere Kühlcylinder B ruht auf den Thonunterlagen d auf; in seinen Innenraum D befindet sich ein Schraubenrührer C, welcher die Salpetersäure nach abwärts bewegt und sie zwischen den Thonunterlagen herausdrückt, so daß sie in dem Zwischenraum Z aufsteigt und beständig in der Pfeilrichtung einströmt. Die Stärke fällt durch eine Oeffnung im Deckel N in den Innenraum D, wird mittelst der Schraube C in den Säure vertheilt und löst sich in derselben. — Der zur Fällung verwendete Apparat (Fig. 37) besteht aus dem unten trichterförmig gestalteten Bottich A, welcher von einem Kühlmantel M umgeben ist; die Einströmung des Wassers erfolgt bei a, der Austritt bei c. Zwischen dem doppelten Siebboden s und s^1 ist Schießbaumwolle eingelegt, welche als Filter dient. Wird der Hahn h geöffnet, so fließt die Säure klar ab, während die Nitrostärke auf dem Siebboden liegen

Digitized by Google

bleibt. Der Apparat ist mit einem trichterförmigen Deckel F verschlossen, welcher mit Fenstern versehen ist, um den Verlauf des Processes beobachten zu können. Durch diesen Deckel wird mittelst des Zerstäubungsapparates m n die Salpetersäurestärkelösung bei x eingeführt; m bezeichnet das mit Ventil versehene Luftzuführungsrohr, n das Zuleitungsrohr für die Salpetersäurestärkelösung. Durch Oeffnen und Schließen des Luftventils und durch genaue Einstellung des

Fig. 36.

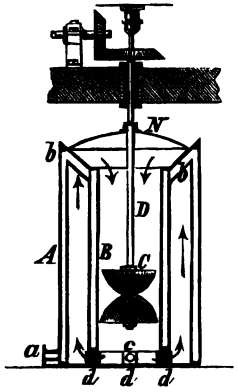
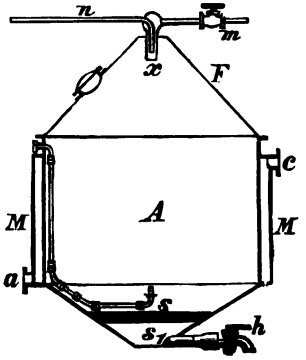


Fig. 37.



Apparates ist man im Stande, die Salpetersäurestärkelösung in Form äußerst feiner Tröpfchen zu bringen und hierdurch eine feinkörnige, mehlartige Fällung der Nitrostärke zu erzielen. — Die so dargestellte Nitrostärke soll sich durch besonders leichte Löslichkeit in Nitroglycerin und diesem verwandten Flüssigkeiten auszeichnen. In comprimirtem Zustande besitzt sie ein hohes specifisches Gewicht und wird hierdurch besonders für militärische Zwecke geeignet. Nitrostärke läßt sich in den verschiedensten Verhältnissen mit Nitrocellulosen mischen, was sehr leicht und gleichmäßig durch Mahlen der Mischungen im Ganzzeugholländer bewerkstelligt

Digitized by Google

werden kann. In Nitroglycerin löst sich die Nitrostärke schon in der Kälte und wird zuerst zu einer leimartigen Masse, welche durch Zusatz von mehr und mehr Nitrostärke allmählich in eine wachsharte Masse verwandelt werden kann.

Untersuchungen, welche speciell Mühlhäuser über die Nitrostärken ausführte — denn auch die Stärke vermag, je nach der Ausführung der Nitrirung, eine wechselnde Anzahl von Nitrogruppen aufzunehmen — ergaben, daß insbesondere das Tetranitrat ein sehr stabiler Körper ist; eine Verwendunng der Nitrostärke im Großen hat bis nun jedoch nicht stattgefunden.

Aus Nitrostärke besteht auch das weiße Pulver von Uchatius. Zur Bereitung desselben löste Uchatius 1 Gewichtstheil Kartoffelstärke in 8 Gewichtstheilen rauchender Salpetersäure unter Abkühlung auf. Die dickflüssige Lösung wurde im dünnen Strahle in 16 Theile concentrirte Salpetersäure unter tüchtigem Umrühren gegossen. Der entstehende Brei bleibt zwölf Stunden stehen und wird dann abwechselnd mit reinem und sodahaltigem Wasser gewaschen. Schließlich wird das erhaltene Product, die Nitrostärke, bei 50—60 Grad getrocknet.

Dieses Pulver hat sich nicht bewährt. Es ist stark hygroskopisch und äußert in Schießwaffen eine zu heftige, brisante Wirkung.

Verschiedene Erfinder befaßten sich auch mit der Herstellung von Sprengstoffen durch Nitrirung von Rübenzucker-Melasse, welche, je nachdem dieselbe entzuckert wurde oder nicht, einen geringeren oder größeren Zuckergehalt besitzt. Außerdem enthält sie noch sehr große Mengen stickstofffreier und stickstoffhaltiger Substanzen, und ist sehr reich an anorganischen Bestandtheilen.

Eine Bedeutung für die Sprengstoffindustrie haben diese Producte nicht erlangt, ja es ist selbst zweifelhaft, ob überhaupt Nitrozucker darin enthalten ist. Aller Wahrscheinlichkeit nach entstehen bei der Nitrirung der Melasse nur Substanzen von sehr stark wechselnder Zusammensetzung, aber nur ganz geringer Wirkung.

Digitized by Google

Diazoverbindungen und Stickstoffwasserstoffsäure.

Außer den bisher besprochenen Nitroverbindungen giebt es noch eine größere Anzahl explosiver Substanzen, welche ebenfalls nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff bestehen, ihrer Constitution nach jedoch vollkommen von den Estern der Salpetersäure, den Nitroverbindungen, verschieden sind. Zu diesen Körpern sind die Diazoverbindungen zu zählen. Ihre explosive Wirkung ist schon seit langer Zeit bekannt, doch konnten sie in der Sprengstofftechnik ihrer geringen Stabilität wegen keine Anwendung finden.

Diazoverbindungen, beziehungsweise Salze der Diazobenzole, werden erhalten, indem man in einen Brei von salpetersaurem Anilin ($C_6H_5 . NH_2 . HNO_3$) und verdünnter Salpetersäure salpetrige Säure (HNO_2) einleitet. Das Anilinsalz löst sich auf, und es entsteht eine Flüssigkeit, aus welcher durch Alkohol schöne lange weiße Nadeln von salpetersaurem Diazobenzol ($C_6H_5N_2) . NO_3$ gefällt werden. In trockener Luft sind dieselben ziemlich beständig, an feuchter Luft zersetzen sie sich dagegen sehr leicht, sie sind ausgezeichnet durch ihre Fähigkeit, beim Erhitzen oder durch Stoß auf das Heftigste zu explodiren.

Die Bildung der Diazoverbindungen erfolgt nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{salpetr. Anilin}}{C_6H_5.NH_2.HNO_3} + \underset{\text{salpetr. Säure}}{HNO_2} = \underset{\text{salpetr. Diazobenzol}}{C_6H_5.N=N.NO_3} + \underset{\text{Wasser}}{2H_2O}$$

Um die hohe Gefährlichkeit dieser Körper — in analoger Weise kann auch das salzsaure und schwefelsaure Diazobenzol dargestellt werden — zu vermindern, wurde vorgeschlagen, die Sulfogruppe SO_3H in den Diazorest einzuführen. So erhält man durch Eingießen eines Gemisches von sulfanilsaurem

Digitized by Google

Natron ($C_6H_4NH_2SO_3Na + 2H_2O$) und Natriumnitrit ($NaNO_2$) in verdünnte Schwefelsäure weiße, in Wasser schwer lösliche Nadeln, welche aus Diazobenzolsulfosäure, $C_6H_4\begin{cases}N=N\\SO_3\end{cases}$, bestehen. Diese Verbindung ist insbesondere zur Darstellung der Azofarbstoffe von großer Bedeutung.

Durch den Eintritt der Sulfogruppen wird jedoch die Energie der ursprünglichen Diazobenzolsalze in solcher Weise geschwächt, daß derartige Körper nicht mehr mit Erfolg zu Sprengzwecken verwendet werden können. Eine analoge Verbindung, die Diazonaphtalinsulfosäure, besitzt wohl stärkere Brisanz, entwickelt dagegen aber bei der Explosion Schwefligsäure haltende Gase, welche sehr unangenehm auf die Respirationsorgane wirken, so daß in geschlossenen Räumen, z. B. in Bergwerken oder Tunnels, dieser Sprengstoff keine Verwendung finden kann.

Die empfohlenen Mischungen derartiger Diazoverbindungen mit Sauerstoffträgern, wie Nitraten, Chloraten, Chromaten oder Permanganaten gelangten daher auch niemals zur Verwendung, trotzdem eine Feuererscheinung bei der Explosion der Diazosulfosäuren nicht wahrnehmbar sein soll, so daß sie, wenn eben die anderen Uebelstände nicht wären, zu Sprengungen in Gruben, in welchen die Gefahr einer Entzündung von Schlagwettern oder von Kohlenstaub besteht, verwendet werden könnten.

Eine ganz eigenthümliche Verbindung ist die von Curtius entdeckte Stickstoffwasserstoffsäure, welche nur aus Stickstoff und Wasserstoff besteht und sich durch eine eminente Explosionsfähigkeit auszeichnet. Sie besitzt die Formel N_3H. Diese Verbindung, beziehungsweise ihre Salze (z. B. N_3Na), kann auf verschiedene Weise erhalten werden, so z. B. durch Einwirkung von salpetriger Säure auf organische Derivate des Hydrazins

$$NH_2 . NH_2 + HNO_2 = HN_3 + 2H_2O$$

Digitized by Google

oder durch Spaltung des Dinitrodiazobenzolimids durch alkoholische Kalilauge:

$$(NO_2)_2 . C_6 H_3 . N_3 + KOH = KN_3 + C_6 H_3 (NO_2)_2 (OH).$$

Ueber eine Verwendung dieses hochinteressanten und sehr gefährlichen Körpers zu Sprengzwecken ist bisher jedoch noch nichts bekannt geworden.

Das Knallquecksilber.

Das Knallquecksilber wurde im Jahre 1799 von Howard entdeckt und als ein höchst explosiver Stoff erkannt. Liebig und Gay-Lussac erforschten seine Zusammensetzung. Kekulé wies zuerst nach, daß das Knallquecksilber ein Salz der Knallsäure, $C_2 H_2 N_2 O_2$, ist und die Formel $C_2 Hg N_2 O_2$ besitzt.

Darstellung des Knallquecksilbers. Die hierzu nöthigen Rohmaterialien sind Quecksilber, Salpetersäure und Alkohol.

Das Gebäude, in welchem in den Zündhütchenfabriken die Herstellung des Knallquecksilbers vorgenommen wird, ist ein geräumiger, gut ventilirter und sauber gehaltener Schuppen, dessen Wände von Holzplatten gebildet sind.

Auf einer genauen Wage wird die nöthige Menge Quecksilber in einer Porzellanschale abgewogen und die zur Auflösung des Quecksilbers erforderliche Menge Salpetersäure abgemessen und kalt in einem Glaskolben mit langem

Digitized by Google

Hals eingegoſſen. Hierauf wird in denſelben Kolben das abgewogene Queckſilber geſchüttet und das Ganze auf einem Sandbade bis zum völligen Löſen erwärmt. Da die hierbei ſich entwickelnden Dämpfe giftig ſind, ſteht das Sandbad in einem durch Glasſcheiben luftdicht abgeſchloſſenen Raume, von welchem aus durch eine direct zum Kamine führende ſeitliche Oeffnung die entwickelten ſchädlichen Gaſe ſofort hinweggeführt werden.

Man hat auch die Anordnung getroffen, daß die dem Glasgefäße entſteigenden ſchädlichen Dämpfe in einen mit Kalkmilch angefüllten Behälter ſtrömen. Die mit dem Auflöſen des Queckſilbers beſchäftigten Arbeiter ſind mit Reſpiratoren verſehen.

Hat ſich alles Queckſilber in der Salpeterſäure gelöſt, ſo kühlt man den Glaskolben ohne ihn der Zugluft auszuſetzen ab. Mittelſt eines von Zeit zu Zeit eingetauchten Thermometers wird die Temperatur der Flüſſigkeit ermittelt.

Nunmehr bringt man, nachdem die ſalpeterſaure Queckſilberlöſung ſich gehörig abgekühlt hat, in einen großen Ballon, der wenigſtens den 18fachen Raum der zur Operation beſtimmten Flüſſigkeit haben muß, die zur Reaction nöthige Menge Alkohol. Man benützt hierfür die gewöhnlichen großen Schwefelſäure- oder Salpeterſäure-Ballons.

Mit dieſen Ballons ſind durch Glasröhren eine Anzahl Woulf'ſcher Flaſchen verbunden, um die bei der Operation ſich in großer Menge bildenden Dämpfe aufzunehmen und zu condenſiren. Dieſe Kühlflaſchen ſind große, birnförmige Glasgefäße, früher benützte man ſtatt derſelben Condenſationstöpfe aus Steinzeug.

Die Kühlflaſchen ſtehen in mit Waſſer zur Hälfte gefüllten Käſten; während der ganzen Operation werden erſtere ſtets mit kaltem Waſſer überrieſelt, während das warm gewordene unten abgelaſſen wird.

Die in der Kühlflaſche gewonnene Flüſſigkeit — im Weſentlichen aus Säure, Alkohol und Zerſetzungs-Producten beider beſtehend — fließt aus dieſer beſtändig ab und rieſelt über eine in einem Faſſe befindliche Kalkſchicht, um hier

Digitized by Google

entſäuert zu werden. Von hier wird ſie in einem zweiten großen Faß angeſammelt und alsdann in Deſtillations-Apparaten zur Wiedergewinnung des Alkohols deſtillirt. Ueber $^1/_4$ des angewendeten Alkohols wird hier wieder gewonnen.

Doch wir wollen nun zu der eigentlichen Herſtellung des Knallqueckſilbers zurückkehren. In den großen Ballons iſt alſo die nöthige Menge Alkohol und in den Glasflaſchen das aufgelöſte ſalpeterſaure Queckſilber. Nunmehr muß letzteres zu dem Alkohol gegoſſen werden.

Zu dieſem Zwecke gießt man durch einem Thontrichter, deſſen Dille möglichſt lang und eng iſt, die ſalpeterſaure Queckſilberlöſung ſo in den Ballon, daß der Flüſſigkeitsſtrahl möglichſt die Mitte des Alkohols trifft. Dieſe Vorſicht iſt nöthig, um ein ſonſt in Folge ungleicher Erwärmung leicht ſtattfindendes, ſehr unangenehmes Springen des Ballons zu vermeiden.

Hat man die Queckſilberlöſung eingegoſſen, ſo wird ſofort die Verbindung des Ballons mit der Kühlflaſche hergeſtellt und mit Thon verkittet. Alsbald beginnt die Reaction. Eine große Menge Dämpfe entwickelt ſich, welche den ganzen Ballon und die Condenſations-Gefäße anfüllen und ſehr dicht, gewiſſermaßen flüſſigkeitsähnlich ſind.

Iſt die Reaction einmal im Gange, ſo braucht man ſich um ſie nicht weiter zu kümmern. Dieſelbe geht ungeſtört und ruhig zu Ende.

Die großen Ballons mit dem in ihnen nunmehr enthaltenen Knallqueckſilber müſſen zunächſt erkalten. Unter der Flüſſigkeit hat ſich das Knallqueckſilber auf dem Boden der Ballons in kleinen, ſchwach grau gefärbten Nadeln abgeſchieden.

Die über dem Knallqueckſilber ſtehende Säureflüſſigkeit wird nach dem Erkalten abgezogen und an chemiſche Fabriken verkauft, oder durch Abdampfen Oxalſäure daraus gewonnen, welche in den Färbereien Verwendung findet.

Das auf dem Boden der Ballons zurückbleibende Knallqueckſilber muß nunmehr auf das ſorgfältigſte durch Auswaſchen mit Waſſer entſäuert und gereinigt werden.

Digitized by Google

Das gereinigte Knallqueckſilber wird unter Waſſer und in verſchloſſenen hölzernen oder ſteinernen Gefäßen aufbewahrt. In dieſem feuchten Zuſtande iſt es vollkommen gefahrlos.

In völlig gefahrloſer Weiſe kann nach L. de Bruyn Knallqueckſilber dargeſtellt werden, indem man in einen etwa 5 Liter faſſenden Rundkolben 550 Gr. Alkohol (von 98·5 Procent) einträgt und nun unter fortwährendem Schütteln eine Löſung von 50 Gr. Queckſilber in 600 Gr. Salpeterſäure vom ſpecifiſchen Gewichte 1·4 zufließen läßt. Es tritt dann niemals die Bildung rother Dämpfe ein, ſomit iſt jede gefährliche Reaction ausgeſchloſſen, man kann in dieſer Weiſe auch mehrere hundert Gramm Queckſilber in einer Operation verarbeiten. Falls nach dem Eintragen der Queckſilberlöſung die Reaction nicht von ſelbſt beginnt, erwärmt man den Kolben auf dem Waſſerbade, bis ſich Bläschen zu bilden beginnen und ſtellt ſodann den mit einem weiten Glasrohr als Luftkühler verſehenen Kolben ins Freie. Ohne Entwickelung brauner Dämpfe verläuft die Reaction ziemlich ſtürmiſch, indem das Knallqueckſilber ſich allmählich zu Boden ſetzt. Dasſelbe beſitzt eine rein weiße Farbe.

Eigenſchaften das Knallqueckſilbers. Das Knallqueckſilber beſitzt eine graue Farbe, iſt im kalten Waſſer faſt unlöslich und wie alle Queckſilber-Verbindungen giftig.

Charakteriſtiſch für des Knallqueckſilber iſt ſeine außerordentlich große Exploſionsfähigkeit. Es explodirt durch mäßigen Schlag, ſowie durch Reibung, mit harten Körpern unter röthlicher Lichterſcheinung. Die Exploſionsgaſe ſind Stickſtoff, Kohlenoxyd und Queckſilberdampf:

$$C_2 HgN_2 O_2 = Hg + 2CO + N_2.$$

Bei Berührung mit einem brennenden Körper verpufft das Knallqueckſilber nur mit mäßigem Knalle. Durch den Inductionsfunken, ſowie beim Erhitzen auf 187 Grad wird es zur Exploſion gebracht. Der Gasdruck beträgt bei der Exploſion im eigenen Volumen circa 27.000 Atmoſphären.

Digitized by Google

Feuchtes Knallquecksilber explodirt schwach, sehr feuchtes gar nicht mehr. Bei einem Wassergehalt von 5—30 Procent explodiren nur die von einem starken Schlage direct getroffenen Theilchen.

Trockenes Knallquecksilber explodirt stets durch Schlag von Eisen auf Eisen, weniger leicht zwischen Eisen und Kupfer, schwierig zwischen Marmorplatten, kaum zwischen Eisen und Blei, gar nicht durch einen Schlag von Holz auf Holz. Je größer die Knallquecksilber-Krystalle sind, desto leichter sollen sie explodiren.

Die Eigenschaft des Knallquecksilbers, durch Stoß zu explodiren, benützt man in der Anwendung desselben zur Füllung der Zündhütchen. Wohl nie jedoch wird das Knallquecksilber unvermischt gebraucht, weil seine Wirkung eine zu schnelle und die Metalle zu sehr angreifende ist. Deshalb wird es mit anderen brennbaren Körpern, wie Schießpulver, Salpeter, Kaliumchlorat und Schwefel gemengt.

Diese Zusätze sollen dazu dienen, den Zersetzungsproceß zu verlangsamen und das Volumen der entwickelten Gase zu vermehren. So wird eine längere Stichflamme erzielt, welche tiefer in die Zwischenräume des zu entzündenden Pulvers eindringt und die Entzündung der Ladung sicherer und vollständiger herbeiführt.

Eine solche aus Knallquecksilber und geeigneten anderen brennbaren Zusätzen bestehende Mischung wird Zündmasse oder auch Zündsatz genannt.

Statt dieser zur Füllung der Zündhütchen benützten Knackquecksilber-Zündmasse giebt es auch Zündsätze von anderer chemischer Zusammensetzung, wie z. B. der Zündspiegelsatz, welcher aus chlorsaurem Kalium, Schwefelantimon, Schwefel und Gummiwasser besteht, oder wie jene langsam abbrennenden Pulvermischungen, die in der Artillerie-Technik zu Zeitzündern benützt werden.

Wir wollen der Reihe nach zuerst im Anschluß an das Knallquecksilber die Bereitung der Knallquecksilber-Zündmasse für Zündhütchen, sodann die Bereitung des Zündspiegelsatzes und der Pulvermischungen für Zeitzünder kurz besprechen.

Digitized by Google

Die beiden letztgenannten Zündsätze schließen sich zwar streng genommen nicht an das Knallquecksilber an, jedoch ist hier der beste Ort, sie abzuhandeln.

Bevor wir zu diesen Zündsätzen übergehen, sei noch erwähnt, daß man auf ähnliche Weise wie Knallquecksilber auch Knallsilber und Knallgold durch Einwirkung von Alkohol auf Höllensteinlösung (salpetersaures Silberoxyd), respective von Ammoniak auf Goldchlorid erhalten kann. Bekannt ist die Anwendung des Knallsilbers zu Knallerbsen.

Nicht zu verwechseln mit diesem gewöhnlichen Knallsilber ist Berthollet's Knallsilber, welches erhalten wird, wenn man frisch gefälltes Silberoxyd 24 Stunden lang mit einem Ueberschuß von concentrirter Ammoniakflüssigkeit stehen läßt. Das gebildete schwarze Pulver explodirt schon durch den leisesten Druck, wie durch die Berührung mit einer Federfahne, wobei die Gefäße, in denen es enthalten ist, durch die Explosion zerschmettert werden. Wegen dieser leichten Explodirbarkeit ist es zu irgend einer Anwendung nicht geeignet.

Anhang: Die Herstellung der Zündsätze.

1. Die Knallquecksilber-Zündmasse zur Füllung der Zündhütchen. Die Zusätze zum Knallquecksilber sind entweder Kalisalpeter allein oder eine Mischung von Salpeter und Schwefel oder am häufigsten Mehlpulver.

Die besten Mischungsverhältnisse sind 100 Theile Knallquecksilber und 50 Theile Kalisalpeter, ferner 100 Theile Knallquecksilber und 60 Theile Mehlpulver und endlich folgende Verhältnisse für die Mischung von Knallquecksilber mit Salpeter und Schwefel.

Knallquecksilber . . .	100	109	100
Salpeter	62·5	117	45·5
Schwefel	29	23	14·5

Digitized by Google

Das Mengen der Materialien geschieht im feuchten Zustande. Es werden beispielsweise Salpeter und Schwefel mit Wasser auf einer polirten Mamortafel mit Walzen aus hartem Buchsbaumholz zu einem Brei angerührt und dann allmählich das feuchte Quecksilber hinzu gemischt.

Dem Mischen der Zündmasse schließt sich das Körnen und Trocknen an. Die drei genannten Operationen werden in verschiedenen, streng von einander getrennten Räumen vorgenommen. Der Fußboden ist mit Teppichen belegt, die Wände bestehen aus leichtem Holzwerk, alle Arbeitstische sind mit wollenen Decken, unter denen noch Wachsleinwand liegt, bedeckt. Alle Geräthschaften sind höchst sauber und rein. Die Trockenhäuser werden nur mit über die gewöhnliche Fußbekleidung gezogenen Filzschuhen betreten und werden nur mit Heißwasser- oder Dampfheizung geheizt. Die Wärme darf in den Trockenräumen nicht über 38 Grad C. steigen und wird deshalb die Temperatur in denselben regelmäßig mit genauen Thermometern geprüft.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen über die innere Ausstattung der Arbeitsräume haben wir zunächst kurz die Operation des Körnens zu besprechen.

Der zum Körnen bestimmte Satz darf nicht zu feucht und nicht zu trocken sein. Wegen der großen Gefährlichkeit der Operation werden immer nur kleine Mengen in Arbeit genommen. Zum Körnen dienen Haarsiebe, welche unten durch eine Bleiplatte abgeschlossen sind. Durch diese Haarsiebe wird die Zündmasse gepreßt. Nach jeder Operation wird das Haarsieb durch verdünnte Schwefelsäure gezogen.

Die gekörnte Masse kommt in mit Stanniol ausgekleidete und mit Bleideckel versehene Büchsen, in welchen sie geschüttelt wird. Es soll durch diese Manipulation den Körnern ein fester Zusammenhang verliehen werden.

Es folgt nunmehr die Operation des Trocknens. In den Trockenhäusern stehen Holzgestelle, auf welche die Rahmen mit der Zündmasse gelegt werden. Diese Rahmen sind aus leichtem Holz und in der Mitte mit Flechtwerk aus gutem Bindfaden versehen. Auf dieses Flechtwerk

Digitized by Google

kommt zuerst glattes Papier und auf dieses wird Wachsleinen lose aufgelegt. Auf letzteres endlich breitet man die feuchte Zündmasse in gleichmäßigen, dünnen Lagen aus. Die Rahmen sind da, wo sie aufliegen, mit Gummi gepolstert. Das Glas der Fenster ist mit weißer Oelfarbe betupft, um die Sonnenstrahlen abzuhalten.

Die getrocknete Masse wird lose und vorsichtig durch ein Haarsieb gerüttelt und dann, wenn sie nicht gleich verwendet wird, in Flaschen aus Guttapercha mit losem, leicht abzunehmendem Deckel im Magazin aufbewahrt.

An das Trocknen der Zündmasse schließt sich das Laden der Zündhütchen. In eine Form wird eine bestimmte Anzahl Zündhütchen (die Oeffnung des Hütchens nach oben) gefüllt. Es ist dies eine von Mädchen zu besorgende Operation, welche einen hohen Grad von Geschicklichkeit verlangt.

Die gefüllte Form wird auf einen Schieber gestellt und unter die Lademaschine geschoben. Vor derselben befindet sich ein schmiedeeiserner Mantel als Schutz gegen etwaige Explosion. Zum schließlichen Festpressen der Zündmasse und des Deckblättchens in den Hütchen dient eine Kniehebelpresse.

In neuerer Zeit wird das Knallquecksilber in der Regel nur im feuchten Zustande mit circa $^1/_5$ seines Gewichtes an fein gepulvertem Kaliumchlorat gemengt, der weitere Gang der Fabrikation ist dem geschilderten gleich. Auf das in die Kupferhülsen eingepreßte Knallquecksilber wird zur Sicherung gegen das Herausfallen ein dünnes gelochtes Kupferblättchen gedeckt, oder aber an Stelle desselben ein Schellacküberzug angewendet. Das Gewicht der Zündpille schwankt je nach der Bestimmung von 0·015 bis 3·0 Gr. Die mit der erstgenannten Menge beschickten »Zündhütchen« dienen ausschließlich für Revolver und Gewehrpatronen; die größeren »Sprengkapseln« finden dagegen bei den eigentlichen Sprengarbeiten Verwendung.

Der äußere Durchmesser der Sprengkapseln beträgt 6 Mm., die Höhe schwankt von 17—70 Mm. für 0·25

Digitized by Google

bis 3·0 Gr. Ladung. Die Höhe des von dem Zündkorn eingenommenen Raumes iſt 3—47·25 Mm., diejenige des freien, für die Aufnahme der Zündſchnur beſtimmten 13·0 bis 21·5 Mm.

Während die Bereitung des Knallqueckſilbers und insbeſondere die Fabrikation der Zündhütchen eine äußerſt gefahrvolle iſt, laſſen ſich die fertigen Zündhütchen gefahrlos handhaben und transportiren. Man hat eine Kiſte mit 50.000 Zündhütchen in einem Schmelzofen verbrannt, ohne daß eine Exploſion eintrat. Selbſt wenn auch einige Zündhütchen durch ſtarken Stoß einmal explodiren, ſo theilt ſich die Exploſion den anderen nicht mit.

2. Die Zündſpiegelſätze. Von den zahlreichen Vorſchriften ſeien hier einige wichtigere erwähnt.

Eine Miſchung von 5 Theilen chlorſaurem Kalium und 4 Theilen Schwefelantimon hat man als »Univerſal-Zündſatz« empfohlen. In dieſem Satz wollte man auch einen vollkommenen Erſatz für das Knallqueckſilber gefunden haben. Derſelbe kann zu allen leicht explodirenden Zündungen, wie Zündhütchen, Spiegeln, Zündſchrauben, zu Exploſionspatronen und zu Friction sſchlagröhren verwendet werden. Dieſer Satz muß ſorgfältig vor Feuchtigkeit geſchützt werden.

Der in Preußen für die Zündſpiegel der Zündnadelgewehre üblich geweſene Zündpillenſatz ſoll aus 4 Theilen chlorſaurem Kalium, 2 Theilen Schwefelantimon und 1 Theil Schwefel, welche mit Gummiwaſſer angerührt wurden, beſtanden haben. Nach einer anderen Angabe wurden 5 Theile fein zerriebenes chlorſaures Kalium mit Waſſer angefeuchtet und alsdann mit 4 Theilen Schwefelantimon gemengt und ſchließlich noch wenig Schwefel zugeſetzt. Der gemiſchten Maſſe wurde noch $^1/_2$ Theil Gummi arabicum oder beſſer 1 Theil dünner Kleiſter hinzugefügt. Das Gemenge wurde hierauf auf hier nicht näher zu beſprechende Weiſe in die Zündſpiegel eingebracht.

Der Zündſatz für das deutſche Mauſergewehr beſtand aus 4 Theilen Knallqueckſilber, $2^1/_2$ Theilen chlor-

Digitized by Google

ſaurem Kalium, $1^1/_2$ Theilen Schwefelantimon und 2 Theilen pulveriſirtem Glas.

3. Die Zündmaſſe der Zeitzünder. In dieſem Falle iſt natürlich die Herſtellung eines Satzes von ganz genau bekannter Brenndauer erforderlich. Dieſer Zündſatz beſteht in der Regel aus grauem Satz und einer nach der verlangten Brennzeit wechſelnden Menge Mehlpulver. (Zur Bereitung des »grauen Satzes« mengt man 23·36 Theile Schwefel mit 70·10 Theilen Salpeter und miſcht den ſo erhaltenen »Salpeterſchwefel« mit 6·54 Theilen Mehlpulver.) Den Einfluß des Zuſatzes des Mehlpulvers zum grauen Satz auf die Brenndauer des Zündſatzes kann man aus folgender Taballe erſehen:

Grauer Satz	Mehlpulver	Brennzeit von 2·6 Cm. in Secunden.
100	0	42·62
90	10	22·41
80	20	7·21
70	30	4·54
65	35	3·65
60	40	3·42
55	45	3·13
50	50	2·97
45	55	2·83
40	60	2 76
35	65	2·75
30	70	2·72
20	80	2·50
10	90	2·32
0	100	2·29

Der Zünderſatz für ſchwere Geſchoſſe (für Bombenkanonen, 25- und 50pfündige Mörſer) beſteht aus 70 Theilen grauem Satz und 30 Theilen Mehlpulver, der für 7- und 10pfündige Mörſer aus 75 Theilen und 25 Theilen, der

Digitized by Google

Zündersatz von Spiegel- und Handmörser-Granaten aus 80 Theilen grauem Satz und 20 Theilen Mehlpulver.

Bei den neuen Shrapnells wird die Zündung nicht mehr durch die abbrennende Geschützladung, sondern mittelst einer durch Stoß explodirenden Zündpille bewirkt.

Die Beurtheilung der Explosivstoffe.

Wenn es sich um die Beurtheilung eines Explosivstoffes handelt, einerlei ob derselbe zu Sprengzwecken oder für Schußwaffen bestimmt ist, müssen verschiedene Punkte ins Auge gefaßt werden. Zunächst ist die Handlichkeit zu beachten, d. h. in welchem Verhältnisse das Volumen eines Sprengstoffes zu der darin aufgespeicherten Energie steht, und in welchem Aggregatzustande, ob flüssig oder fest, sich derselbe befindet. Auch auf die Sensibilität ist Rücksicht zu nehmen, und zu prüfen, in welcher Weise sich derselbe gegen Druck, Stoß oder Schlag, oder gegen rasche Erwärmung verhält. Explosivstoffe, welche gegen derartige Einflüsse sehr empfindlich sind, daß sie beispielsweise die Erschütterungen beim Transporte nicht ertragen würden, sind dann natürlich nicht zu verwenden. Ferner ist auch die Stabilität zu beachten, d. h. zu sehen, wie sich der betreffende Explosivstoff bei längerer Aufbewahrung verhält.

Nachdem diese Punkte schon bei Besprechung der einzelnen Explosivstoffe erörtert wurden, können wir uns nun gleich der Beurtheilung der ballistischen Wirkung und der Sprengkraft zuwenden. Die erstere hat hauptsächlich für die verschiedenen Pulverarten Bedeutung, während

Digitized by Google

die letztere in gewissem Sinne ein allgemeines Urtheil über die Tauglichkeit eines Explosivstoffes für Sprengzwecke gestattet.

Die Untersuchungen können:

a) die Bestimmung der Triebkraft (Brisanz),
b) » » » Geschoßgeschwindigkeit,
c) » » des Gasdruckes,
d) » » der Sprengkraft

umfassen.

a) Bestimmung der Triebkraft.

1. Der Probemörser. Durch denselben soll die Schußweite des Pulvers ermittelt werden. Er besteht aus einem Mörser von Bronze oder Eisen, dessen Achse einen Winkel von 45 Grad mit der Unterlage bildet. Die Kugel, welche aus dem Mörser geworfen wird, ist von Bronze, ihr Durchmesser beträgt 0·1895 oder 0·190 Meter. Sie wiegt 29·37 Kgr.

Vor Anstellung des Versuches mißt man auf's genaueste den inneren Durchmesser des Mörsers, des Zündloches und der Kugel. Der Durchmesser des Mörsers muß 191·2 Mm., der des Zündloches 3·4 Mm. und der der Kugel 189·5 Mm. betragen. Ihr Gewicht muß, wie schon angegeben, genau 29·37 Kgr. sein.

Die Pulverladung beträgt 92 Gr. Der erste Schuß wird nicht gerechnet, da er das Ausflammen des Mörsers bezweckt. Nach jedem Schuß wird die Seele und Mörserkammer ausgewischt und die Kugel gereinigt. Denn der sonst an den Wänden der Seele sich anlagernde Schleim würde den Spielraum verkleinern und somit wesentlich auf die Wurfweite einwirken.

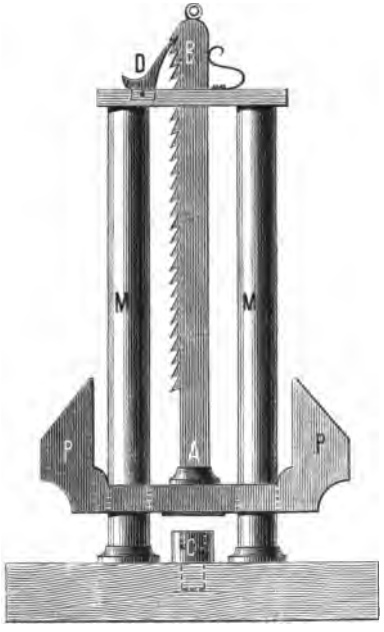
Bei der Probe soll das Pulver die Kugel mindestens 235 Mtr. schleudern. In Preußen ist die mittlere Wurfweite des Normalpulvers aus dem bronzenen Probirmörser

Digitized by Google

für Normalgeschützpulver auf wenigstens 278·24 Mtr. und höchstens 285·76 Mtr., für Normalgewehrpulver auf wenigstens 285·76 Mtr. und höchstens 293·28 Mtr. festgestellt.

2. Das Infanteriegewehr. Wenn man sich desselben zu Pulverproben bedient, so will man nicht sowohl

Fig. 38.



die Wurfweite, als vielmehr die Percussionskraft (durchschlagende Kraft) des Pulvers ermitteln.

3. Die Eprouvette mit gezahnter Stange. Ein kleiner, aufrecht stehender und auf einer Eisenplatte befestigter Mörser (C) (Fig. 38) wird mit 1·5 Gr. Pulver geladen und alsdann mit dem 2·5 Kgr. schweren Gewichte P P verschlossen, welches mit der gezahnten Stange A B

Digitized by Google

in Verbindung steht und sich frei an den Pfeilern M M bewegt.

Beim Entzünden der Pulverladung wird das Gewicht P P und damit auch die gezahnte Stange A B in die Höhe getrieben, wobei die Sperrklinke D die Stange am Herabfallen hindert. Je größer die Triebkraft des Pulvers ist, desto höher natürlich wird die Zahnstange gehoben. Jeder Zahn stellt einen Grad vor. Sprengpulver soll bei dieser Probe 25—30, Geschützpulver 60—65, Gewehrpulver 70 bis 90 und Scheibenpulver 120—150 Grad schlagen.

4. Die Eprouvette von Regnier. Dieselbe findet in Frankreich zur Prüfung des Jagdpulvers Anwendung. Es wird hierbei die Wirkung des Pulvers, sowohl die vorals rückwärtswirkende, auf die Elasticität einer Stahlfeder ausgeübt. Eine kleine Kanone ist an einer zweischenkligen freihängenden Stahlfeder so befestigt, daß sie sich mit der Mündung an das eine Ende des Schenkels, mit der Traube dagegen an ein mit dem anderen Schenkel fest verbundenes, hakenförmiges Querstück von Eisen stützt. Beim Entzünden des Pulvers wird der eine Schenkel durch die vorwärts wirkende Kraft, der andere durch die Reactionskraft bewegt und beide nähern sich. Den Grad der Annäherung liest man an einem mit Läufen versehenen Gradbogen ab. Ordinäres Jagdpulver zeigt 12, feinstes 14 Grad.

5. Die Hebelprobe. Hierbei erkennt man die Größe der Triebkraft eines Pulvers aus der Rückwirkung (Reactionskraft), welche es auf einen Hebelarm äußert. Ein Winkelhebel, dessen zwei Arme gleich lang sind und sich bei Ausführung der Probe in horizontaler Lage befinden, ist an dem äußersten Ende des einen Armes mit einem kleinen Mörser versehen, während der andere Arm ein Gewicht trägt, welches so aufgehängt wird, daß es dem ersten Arme noch das Gleichgewicht hält, wenn der daran befestigte Mörser mit einer bestimmten Menge Pulver gefüllt ist.

Nachdem die horizontale Lage der Hebelarme vollständig hergestellt ist, wird das Pulver mit einem Stoppinenfaden entzündet. Durch die Reactionskraft des ausströmenden

Digitized by Google

Gases wird ein Herabdrücken des Böllers mit seinem Arme, aber zugleich auch ein Steigen des mit dem Gewichte beschwerten Hebelarmes bewirkt.

Mit großer Genauigkeit wird diese Steigung dadurch gemessen, daß an den äußersten Endpunkten des einen Hebelarmes ein kleiner Steller befestigt ist, der an den Zähnen eines vertical dagegen stehenden Bogens herabgleitet. Durch das Eingreifen des Stellers in diese Zähne wird nun das Zurückgleiten des Hebelarmes in seine alte Lage verhindert.

Bei dieser Probe zieht man gewöhnlich aus vier Schüssen das arithmetische Mittel. Sprengpulver soll 22, Stückpulver 60, Musketenpulver 80 und Scheibenpulver 130 Grad schlagen.

6. Die Pendelprobe kann auf zweierlei Weise ausgeführt werden. Entweder hängt man eine kleine Kanone als Pendel senkrecht auf und mißt die Größe der Reactionsbewegung in Graden an einem Bogen, oder man beobachtet die Wirkung der Kugel auf den als Pendel aufgehängten Kugelfang.

b) Bestimmung der Geschoßgeschwindigkeit.

1. Das elektro-magnetische Chronoskop von Wheatstone. Die Kugel zerreißt bei ihrem Austritte aus dem Gewehrlaufe einen quer vor denselben gespannten, in eine galvanische Kette eingeschalteten Draht und unterbricht dadurch den Strom. In demselben Augenblicke wird der Zeiger einer Uhr mit einer genau bekannten Geschwindigkeit in Bewegung gesetzt, während durch den Aufschlag der Kugel auf die Fangplatte die Kette geschlossen und dadurch die Uhr arretirt wird. Man weiß also Länge und Zeit des zurückgelegten Weges und kann daraus die Geschwindigkeit der Kugel berechnen.

2. Das Galvanometer von Pouillet. Das Galvanometer wird in die Kette in der Weise eingeschaltet,

Digitized by Google

daß beim Hinausfliegen des Geschosses aus dem Rohre die Kette geschlossen, in demselben Augenblick aber wieder geöffnet wird, sowie das Geschoß am Ziele angelangt ist. Aus der Größe des Ausschlages der Magnetnadel, auf welche der Strom von bekannter Stärke einwirkt, wird unter Berücksichtigung der Dauer des Stromes die Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses berechnet.

3. Der Chronograph von Watkin. Zu den Schießversuchen werden zwei harfenähnliche Scheiben, die in gewisser Entfernung von einander stehen, benützt. Die Kanonenkugel muß durch beide Scheiben hindurch und zerreißt bei beiden Drähte. In Folge dessen wird in beiden Fällen ein elektrischer Strom unterbrochen. Den Augenblick der Stromunterbrechung kann man jedesmal an zwei mit geschwärztem Seidenpapier überzogenen Kupfercylindern, zwischen denen unmittelbar vor dem Abfeuern ein Gewicht herabgleiten gelassen wird, ablesen.

Bei der ersten Unterbrechung des Stromes springt ein Funken von dem einen Kupfercylinder auf den anderen durch einen (den kürzesten Weg bietenden) Messingdraht des Gewichtes. Der durch den Funken auf dem geschwärzten Papier erzeugte Fleck markirt die genaue Lage des Gewichtes im Augenblick der Unterbrechung des Stromes in der ersten Scheibe. Man kennt genau den Abstand beider Scheiben und kann aus dem Abstand beider schwarzer Punkte die Zeit berechnen, welche die Kugel zur Zurücklegung der bekannten Entfernung brauchte.

An Stelle dieser harfenöhnlichen Scheiben hat man wegen der Anschaffungs- und Reparaturkosten, sowie wegen der bei ihnen nach jedem Schusse nöthigen zeitraubenden und langweiligen Wiederherstellung der Spannfedern die amerikanischen Scheiben empfohlen.

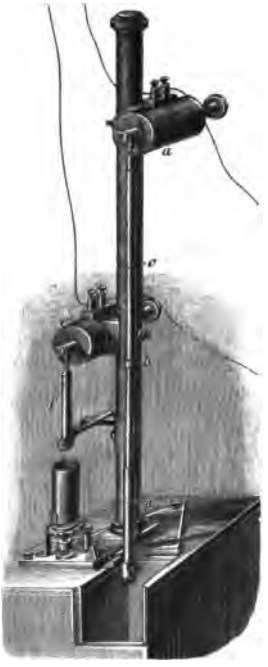
Die amerikanischen Scheiben bestehen aus mit Papier überspannten leichten Rahmen, welche hinter rahmenförmigen Trägern hängen und durch schwache Federn leicht an diese angedrückt werden. Geht die Kugel durch die Scheibe, so wird die letztere auf einen Augenblick vom Träger entfernt

Digitized by Google

und unterbricht dabei den elektrischen Strom, welcher gleich darauf beim Rückgange der Scheibe an den Träger wieder geschlossen wird.

In neuerer Zeit wird die Geschoßgeschwindigkeit hauptsächlich mittelst des Chronographen von Le Boulanger bestimmt. Durch diesen Apparat wird die Fallhöhe gemessen, welche ein herabfallender schwerer Körper während der Zeit zurücklegt, in welcher ein Geschoß die Entfernung zwischen zwei aufgestellten Drahtscheiben durchfliegt. Zwei Holzstäbe b und f (Fig. 39), von denen der eine länger ist als der andere, sind an zwei wagrechten stabförmigen Elektromagneten a und e als Anker derselben aufgehangen und durch Unterbrechung der Stromkreise in den Scheiben, welche durch das Hindurchfliegen des Geschosses bewirkt wird, werden die Ektromagnete unthätig gemacht, so daß die Stäbe frei herabfallen. Der längere Stab, das Chronometer b, fällt in die Aushöhlung des Kastens, auf welchem der die beiden Elektromagnete tragende Ständer befestigt ist und wird, da er zur ersten Scheibe gehört, zuerst zum Fallen gebracht. Damit er senkrecht fällt, ist er am unteren Ende beschwert. Außerdem ist er oben und unten mit aufgeschobenen Zinkhülsen versehen, auf welche ein kreisförmiges Messer des Drückers (Fig. 40) einen Einschnitt macht, sobald der zweite Stab, das Gewicht f, die Platte g des Drückers trifft. Dadurch macht die Nase i des bei m gelegenen Sperrhebels g h i die

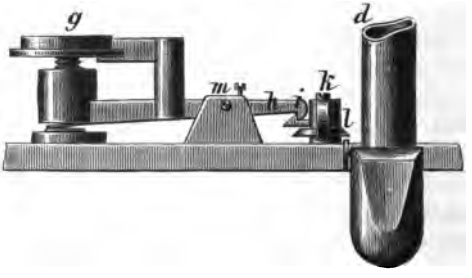
Fig. 39.



Digitized by Google

Feder k frei, welche das Messer l gegen das Zinkrohr d drückt. Die elektrische Verbindung der aus parallel laufenden Leitungsdrähten gebildeten Scheiben, durch welche das Geschoß unter Zerreißung der Leitung geht, wird in folgender Weise hergestellt: Von der ersten Scheibe wird ein Draht mit dem Elektromagnet a des Chronometers verbunden, der zweite mit dem positiven Pole einer der beiden in ihren negativen Polen vereinigten Batterie. Von der zweiten Scheibe werden die Drähte mit der zweiten Batterie und mit dem zweiten Stab f in Verbindung gebracht. Zur Her-

Fig. 40.



stellung der Nebenleitung werden die positiven Pole noch mit den Klemmschrauben der Elektromagnete vereinigt. Ist der Apparat fertig gestellt, so bestimmt man zunächst den Nullpunkt des Chronometers, indem man das Messer gegen den in Ruhe befindlichen Stab schnellen läßt. Dann bringt man mittelst eines in der Nähe des Apparates zwischen diesem und den Scheiben eingefügten Ausschalters, indem man beide Ströme gleichzeitig unterbricht, den Chronometer b und das Gewicht f zum Falle und bestimmt die Fallzeit t nach der Formel $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ($g = 9{\cdot}8108$), worin h die Höhe bezeichnet, welche das Chronometer vom Anfang seiner Bewegung bis zum Einschnitte des Messers durchmißt.

Digitized by Google

Wird nun ein Schuß abgegeben, so erfolgt die Unterbrechung der Ströme nach Maßgabe des Zeitunterschiedes im Durchschlagen der beiden Scheiben. Das Chronometer b fällt zuerst, das Gewicht f später und der Messerstrich wird die obere Hülse treffen. Bezeichnet man diese zweite Fallhöhe mit h' und die derselben entsprechende Fallzeit mit t', so ist t'—t die Zeit, welche die Kugel brauchte, um von der einen Scheibe bis zu der anderen zu gelangen und $\frac{E}{t_1 - t}$ die Geschoßgeschwindigkeit in der Mitte der Entfernung beider Scheiben. In der Praxis benützt man eine Tabelle, um aus dem Abstand der Schußmarke vom Nullpunkte des Apparates die Geschoßgeschwindigkeit ohne Berechnung zu erfahren.

c) Bestimmung des Gasdruckes.

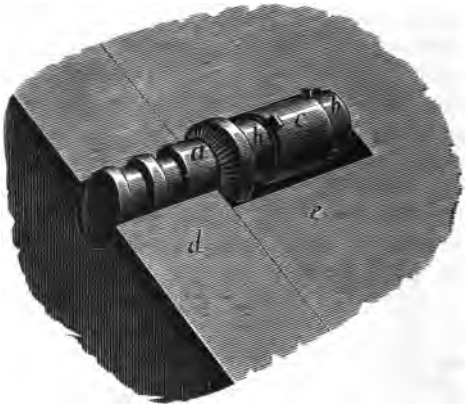
Zur Messung des Gasdruckes bei der Explosion bedient man sich entweder des Noble'schen Quetschapparates (Crusher) oder des Rodman'schen Schnittapparates. Noble's Crusher besteht aus einem Kolben a (Fig. 41), welcher nach der Stärke des Gasdruckes einen durch den Centrirring c in der Mitte der Kammer gehaltenen Kupfercylinder b von bestimmter Größe zusammenpreßt. Der Apparat wird bei Geschützen in der vorderen Fläche des Verschlußkeiles e, welcher die erforderliche Ausbohrung erhalten hat, in der Weise angebracht, daß der Kolben a abgedichtet in der Stahlplatte d des Geschützverschlusses ruht. Mit Hilfe einer Quetschmaschine werden gleichartige Kupfercylinder verschiedenem Drucke ausgesetzt, wodurch man die Grundlage für die Beurtheilung der durch Verwendung des Crusher erhaltenen Resultate gewinnt.

Bei dem Rodman'schen Gasdruckmesser (Fig. 42) treiben die Pulvergase ein Messer a von bestimmten Schneidewinkeln in eine vorgelegte Kupferplatte b, wodurch ein Einschnitt hervorgebracht wird, dessen Länge von der

Digitized by Google

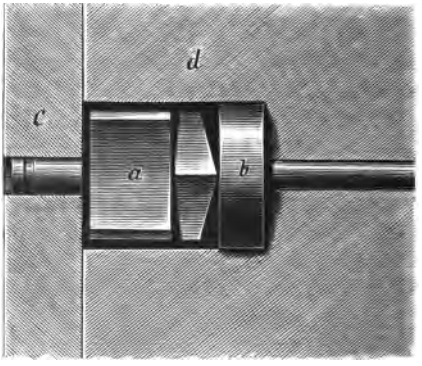
Stärke des Druckes abhängig ist. Auch bei diesem Apparat werden die Resultate mit den durch eine Maschine unter

Fig. 41.



einem bestimmten Drucke hergestellten Schnitten verglichen.

Fig. 42.



Der Gasdruckmesser, welcher gleich dem Chrusher in der vorderen Fläche des Verschlußkeiles d angebracht ist, besteht

Digitized by Google

aus dem Messer a des Zapfens, welcher abgedichtet in der Stahlplatte c liegt, und der Kupferplatte b; der Verschluß e ist mit einer Bohrung versehen, um die Kupferplatte nach abgegebenem Schusse entfernen zu können.

d) Bestimmung der Sprengkraft.

Während die bisher besprochenen Apparate dazu dienten, einerseits die Brisanz der Explosionsstoffe, andererseits die Geschoßgeschwindigkeit oder den Gasdruck zu messen, wurden in neuerer Zeit auch Apparate construirt, welche es gestatten, die Kraft, d. i. das Product, aus der Menge der entstandenen Gase, der hierbei entwickelten Wärme und der Zeit (im umgekehrten Verhältnisse), innerhalb welcher die Vergasung erfolgt, zu messen. Es ist dies von der größten Bedeutung, wenn es sich um die Vergleichung von Sprengstoffen, beziehungsweise die Feststellung der Sprengkraft handelt. Derartige Apparate, welche sich bestens bewährt haben, sind der Guttmann'sche Kraftmesser und die Ausbauchprobe von Trauzl.

Der Guttmann'sche Kraftmesser kann für alle direct explodirenden Stoffe, wie Pulver u. dgl. verwendet werden. Er besteht aus dem Mittelstücke a (Fig. 43) und den aufgeschraubten Kopfstücken b b, welche sämmtlich aus gehärtetem Bessemer-Stahle angefertigt sind. Mittelstücke und Kopfstücke sind auf 35 Mm. Weite ausgebohrt. Die Bohrung der letzteren setzt sich auf 35 Mm. Tiefe konisch fort und endet in den 10 Mm. konischen Canal. In die Mitte des Mittelstückes ist der 25 Mm. tiefe Zündpfropfsatz eingesetzt und in die zwischen dem Zündpfropfen und der Bohrung des Mittelstückes verbleibende Wand eine Pyramide h eingeschraubt. Der untere Theil des Pfropfens ist ausgehöhlt und der Hohlraum setzt sich in einer 6 Mm. weiten Bohrung fort. In diesem Hohlraum spielt ein Ventil i, auf welches durch einen Hahn m ein Schlag geführt werden kann. Der Apparat wird geladen, indem man das Mittel-

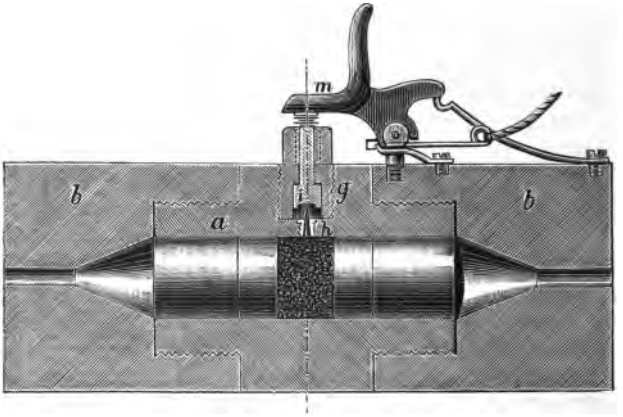
Digitized by Google

stück mit einem Kopfstück zusammenschraubt und in die Bohrung der Reihe nach Folgendes einführt:

1. einen Cylinder aus gezogenem Blei von 35 Mm. Durchmesser und 40 Mm. Höhe;

2. eine Stahlschraube von 35 Mm. Durchmesser und wechselnder Dicke, je nach dem specifischen Gewichte des Pulvers, zu dessen Bestimmung ein besonders graduirtes Meßgefäß dient;

Fig. 43.



3. eine Scheibe aus 1 Mm. dickem Preßspan, welche dicht schließen muß;

4. genau 20 Gr. des zu untersuchenden Pulvers;

5. eine Preßspanscheibe;

6. eine Stahlscheibe;

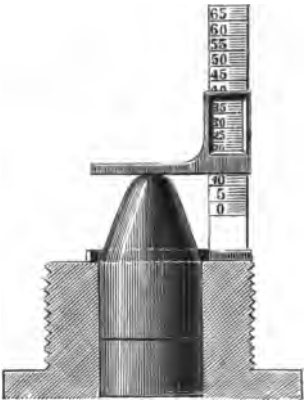
7. einen Bleicylinder.

Hierauf schraubt man das zweite Kopfstück und damit den ganzen Apparat fest zu. Dieser ist außen sechskantig geformt, so daß er mit großen Mutterschlüsseln gefaßt werden kann. Nun setzt man auf die Pyramide ein gewöhnliches Gewehrzündhütchen, schraubt den Zündpfropfen mit

Digitized by Google

dem Ventil ein und zieht den gespannten Hahn mittelst einer Schnur ab. Durch die Explosion wird das Ventil gehoben und schließt selbstthätig den Ausweg für die Gase. Es erfolgt also die Explosion in vollständig geschlossenem Raume und man hört deshalb keinen Knall. Zu gleicher Zeit werden die Bleicylinder in die konischen Hohlräume eingedrückt. Man kann den Apparat unmittelbar darauf öffnen, da der entstandene Druck zur Verdichtung der Ex-

Fig. 44.



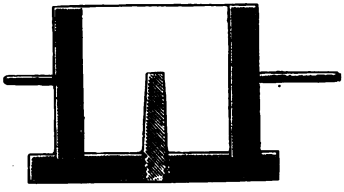
plosionsgase vollständig verbraucht ist, und die Höhe der erzeugten zwei Bleikonusse mit Hilfe einer Schraubenlehre (Fig. 44) messen. Dieses Maß vergleicht man dann mit den Ergebnissen eines normalen Sprengstoffes, gewöhnlich Schwarzpulver. Minder genaue Resultate werden erhalten, wenn man den entstandenen Hohlraum mißt, da dann das ursprüngliche Volumen des Pulvers abgezogen werden muß, welches aber nach dem Zuschrauben des Apparates eine Veränderung erfährt.

Der Guttmann'sche Apparat liefert sehr genaue Resultate. Ein Beweis hierfür ist u. a. der, daß Pulver gleicher Zusammensetzung bei verschiedener Körnergröße,

Digitized by Google

welches bekanntlich im Bohrloch die gleiche Kraft ausübt, aber auf jedem anderen Apparat verschiedene Ergebnisse liefert, auf dem Guttmann'schen Kraftmesser Konusse von gleicher Höhe erzeugt.

Fig. 45.



Für die indirect explodirenden Stoffe, wie Dynamit u. dgl., verwendet man am zweckmäßigsten die Trauzl'sche Ausbauchprobe, auch Bleiprobe genannt. In einer aus

Fig. 46.

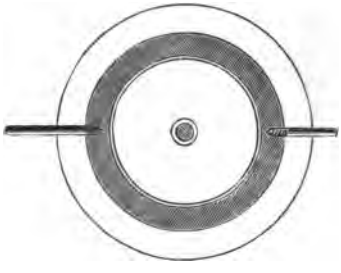


Fig. 47.

Gußeisen hergestellten Gußform (Fig. 45 und 46), deren Construtionen aus der Zeichnung ersichtlich ist, gießt man Blöcke aus Blei von 200 Mm. Durchmesser und eben solcher Höhe, welche eine Bohrung von 20 Mm. Durchmesser und 110 Mm. Tiefe besitzen. Durch Abheben des cylindrischen schwach konischen Theiles der Gießform werden die Bleiblöcke freigelegt und durch Umstürzen vom Dorne entfernt. In die Bohrung dieser Bleicylinder (Fig. 47)

Digitized by Google

bringt man genau 20 Gr. Dynamit oder den zu prüfenden Explosivstoff, besetzt mit getrocknetem Sand und feuert ab. Es sollte nun eigentlich ein kugelförmiger Hohlraum im Blei entstehen, da aber durch den von der Zündschnur gebildeten Canal Gase entweichen und der Besatz geringen Widerstand bietet, so entsteht nur eine flaschenförmige mehr oder minder ausgebauchte Höhlung, deren Volumen durch Eingießen von Wasser aus einem graduirten Gefäß gemessen wird. Die erhaltenen Volumina sind dann der Sprengkraft, der untersuchten Sprengstoffe proportional. Da das Blei eine wechselnde Härte besitzt und durch häufiges Umgießen stets härter wird, empfiehlt es sich, eine Anzahl von Bleicylindern einer Schmelzung vorräthig zu halten und stets auch einen normalen Sprengstoff, als welcher gewöhnlich 75 Procent Guhrdynamit angewendet wird, um die erhaltenen Resultate mit diesem zu vergleichen. Man wird dann verläßliche Resultate erhalten.

Beide Apparate liefern sehr gleichmäßige Resultate und damit sehr werthvolle Anhaltspunkte zur Beurtheilung von Sprengstoffen, jedoch muß unbedingt davor gewarnt werden, aus deren Angaben bindende Schlüsse auf die Tauglichkeit verschiedener Explosivstoffe für bestimmte Zwecke zu ziehen. Die Umstände bei den Sprengungen im Gestein wechseln so sehr und die Anforderungen an die Explosivstoffe in den verschiedenen Betriebsorten sind so veränderlich, daß die endgiltige entscheidende Probe stets einem mehrwöchentlichen Probiren in ganz gleichartigen Bauen und einer genauen Beobachtung und Berücksichtigung aller Vor- und Nachtheile vorbehalten bleiben muß.

Digitized by Google

Zweiter Theil.

Die Anwendung der explosiven Stoffe.

I.

Verpackung, Aufbewahrung und Transport der explosiven Stoffe.

Bevor wir uns zu der Anwendung der Explosivstoffe in der Sprengtechnik wenden, sei ein Blick geworfen auf die verschiedenen Manipulationen und Behandlungsweisen, denen die explosiven Stoffe nach vollendeter Fabrikation bis zu ihrem Gebrauche unterworfen sind. Bei der großen Gefahr, welche das Lagern und der Transport eines Explosivstoffes für die nächste Umgebung bei Außerachtlassung auch nur der scheinbar geringfügigsten Vorsichtsmaßregel in sich birgt, ist die Verpackung, Aufbewahrung und der Transport dieser gefährlichen Körper meist von genau detaillirten gesetzlichen Bestimmungen abhängig.

Wir werden zuerst die für einzelne explosive Stoffe geltenden Bestimmungen, sodann die von einzelnen Staaten für sämmtliche Explosivkörper erlassenen allgemeinen Vorschriften besprechen. Bei den einzelnen Explosivstoffen sind hauptsächlich nur das Schwarzpulver, die Schießbaumwolle und die Nitroglycerin-Präparate hier zu erwähnen; für alle anderen explosiven Stoffe gelten lediglich die allgemeinen über diese Körperclasse in den einzelnen Staaten bestehenden Bestimmungen.

Digitized by Google

1 Das Schwarzpulver. Das gekörnte Pulver wird behufs seiner Verpackung meist zuerst in Säcke geschüttet und diese werden in die Pulvertonnen eingesetzt. Zu den Tonnenreifen verwendet man geschälte weidene Reifen, welche aus im Winter geschnittenen Stöcken hergestellt sind, letztere besitzen eine größere Dauer als die im Sommer geschnittenen. Die Pulvertonnen werden mit hölzernen Hämmern zugeschlagen. Diejenigen Tonnen, welche Gewehrpulver enthalten, werden in preußischen Staatsfabriken auf dem Boden der Tonne mit einer gelben Etiquette, diejenigen, welche Geschützpulver enthalten, mit einer rothen Etiquette versehen. Auf der Etiquette wird das cubische Gewicht, Jahr und Ort der Fabrikation und Nummer der Lieferung bemerkt und außerdem noch der Stempel der Pulverprobirungs-Commission aufgedrückt.

Prismatisches Pulver wird direct in die Tonnen verpackt, jedoch werden in letztere Filzlappen eingelegt, um eine Bewegung des Pulvers und in Folge dessen ein Abstoßen der Prismenkanten zu verhüten.

Das für die Marine bestimmte Pulver kommt in kupferne, dicht verschließbare Kisten.

Die Pulvermagazine werden am besten aus Holz gebaut. Bei heiterem und trockenem Wetter müssen die Räume, in welchen Pulver lagert, wiederholt des Tags gelüftet werden. Auch kann man zweckmäßig wasseraufsaugende Körper, wie gebrannten Kalk, zur Wegnahme von Feuchtigkeit in Töpfen in dem Magazin aufstellen. Wo irgend es vermieden werden kann, wird ein Pulvermagazin mit Licht nicht betreten werden. Für die Fälle, wo dies doch nothwendig ist, hat man besonders construirte Laternen oder aber die Magazine sind mittelst Glühlicht elektrisch beleuchtet. Das Betreten des Magazins sollte nur in Filzschuhen erfolgen. In Frankreich muß jedes Pulvermagazin wenigstens 100 Mtr. von der nächsten Telegraphenlinie entfernt sein.

Was den Pulvertransport betrifft, so ist der Transport zu Wasser als der gefahrloseste entschieden zu

Digitized by Google

bezeichnen. Für den Transport zu Wasser sind namentlich die Bestimmungen anzuführen, daß alle dem Transporte begegnenden Kähne das etwa unterhaltene Feuer auslöschen müssen, sowie das sämmtliche Dampfschiffe nur über dem Winde, das heißt an der Seite, woher der Wind kommt, passirt werden dürfen. Durch beide Bestimmungen soll verhütet werden, daß Funken auf das Pulverschiff fliegen können.

Bei dem Transport zu Lande ist namentlich darauf zu achten, daß die Lage der Tonnen auf den Wagen eine derartige ist, daß keine Reibung stattfinden kann. Aus demselben Grunde vermeidet man auch wenn möglich gepflasterte Straßen. Die einzelnen Pulverwagen sollen 40 Schritt von einander Abstand haben, bei Eisenbahnübergängen müssen besondere Vorschriften befolgt werden u. s. w.

Besteht ein Kriegstransport aus reglementmäßigen Munitionswagen, so können letztere auch per Eisenbahn befördert werden.

In allen Fällen ist der Pulvertransport mit einem Zelttuch zu überdecken und durch ein schwarzes Fähnchen, auf welchem ein großes weißes P sich befindet, zu kennzeichnen.

2. Die Schießbaumwolle. Die fertige, aber noch nicht zu Munition verarbeitete Schießwolle wird locker in mit Papier ausgekleideten Kisten verpackt. Die fertige Munition wird in leichten Kisten lose zwischen Sägespänen aufbewahrt. Früher war man bei dem Transport der Schießwolle überaus ängstlich, gegenwärtig weiß man, daß dieselbe nicht gefahrvoller als Schießpulver zu handhaben und transportiren ist, und gelten deshalb für ihren Transport die bei dem Schießpulver bestehenden Bestimmungen.

Ist demnach auch der Transport der Schießwolle nicht besonders gefährlich, so ist es dafür aber — und namentlich gilt dies für die nasse comprimirte Schießwolle — äußerst unbequem und bietet viele Unzukömmlichkeiten.

3. Nitroglycerin und die Nitroglycerin-Präparate. Das reine Sprengöl wird am gefahrlosesten

Digitized by Google

jedenfalls nach Mowbray's Methode, das heißt in gefrorenem Zustande transportirt. A. Nobel & Comp. versandten das Sprengöl früher, als das Dynamit noch nicht erfunden war, in Glasflaschen mit $^1/_4$—$^1/_5$ Ctr. Inhalt in Stroh oder Sägespäne in Körben oder Kisten verpackt.

Diese Verpackungsart hatte jedoch den Uebelstand, daß oft die Glasflaschen zerbrachen, wobei das Sprengöl sich mit dem Sägemehl unter Erwärmung mischte, so daß also die Gefahr einer Explosion sehr nahe gerückt war. Es wurde deshalb das Nitroglycerin in Weißblechflaschen, die nur zu $^4/_5$ mit dem Oel gefüllt waren, verschickt. Die Flaschen waren in Kisten zwischen Kieselguhr verpackt. Als einmal der Inhalt einer solchen Weißblechflasche in die Infusorienerde ausgelaufen war, gab dies — wie schon bei der Geschichte des Dynamits erwähnt wurde — Nobel die Veranlassung zur Erfindung des Dynamits.

Nobel versendete das Sprengöl auch in Flaschen, welche oben mit einer Metallplatte geschlossen wurden. Letztere bestand aus einer schon bei 100 Grad schmelzenden Metalllegirung, so daß das Nitroglycerin bei entstehender Feuersbrunst nie bis zu seiner Explosionstemperatur erhitzt werden konnte.

Späterhin machte bekanntlich Nobel das Sprengöl durch Auflösen in Holzgeist (Methylalkohol) unexplodirbar und brachte von da ab stets nur noch »methylisirtes Nitroglycerin« zur Versendung.

In England ist der Gebrauch von reinem Nitroglycerin durch Parlamentsacte verboten und sind unter den Explosives-Act von 1869 nur folgende Nitroglycerin-Präparate zum Gebrauch zugelassen:

1.	Dynamit 1	mit ungefähr	75	Procent
2.	» 2	» »	18	»
3.	Horsley's Pulver A .	» »	25	»
4.	» » B .	» »	25	»
5.	Brain's Pulver . . .	» »	40	»
6.	Lithofracteur	» »	55	»

flüssigem Nitroglycerin

Digitized by Google

Für die Aufbewahrung der Nitroglycerin-Präparate im Allgemeinen gelten dieselben Vorsichtsmaßregeln wie für Pulver. Die Zündhütchen sind stets getrennt von dem Sprengstoff aufzubewahren. Die Magazine müssen mindestens 200—300 Schritt von bewohnten Gebäuden entfernt sein. Man umgiebt die Magazine zweckmäßig noch mit einem 1 Mtr. hohen Walle aus Sand oder Erde.

Die Nitroglycerin-Präparate sind mindestens ebenso gefahrlos zu transportiren als Schießpulver. Doch hat man deshalb die größte Vorsicht nicht außer Acht zu lassen. Namentlich ist Erhitzung und Schlag oder Stoß beim Transport zu vermeiden.

Das k. k. österreichische technische und administrative Militär-Comité ertheilte über die Ungefährlichkeit des Nobel'schen Dynamits nachstehendes Certificat:

»Von Seite des k. k. technischen und administrativen Militär-Comités, welches seit vier Jahren die großartigsten Versuche mit dem Sprengmittel, »Dynamit« genannt, vorgenommen und Erfahrungen über Deponirung und Transport desselben zu Wasser, per Achse, Eisenbahn und zur See nach Dalmatien gesammelt hat, wird hiermit bestätigt, daß der Transport des genannten Sprengmittels unter den gewöhnlichen Verhältnissen (Temperatur bis zu 60 Grad C.) ganz ungefährlich ist, daß dasselbe starke mechanische Erschütterungen (Schläge, Stöße ꝛc.), ohne zu explodiren, verträgt, selbst angezündet abflammt, ohne zu detoniren, und nur durch starke Kapseln zur Explosion gebracht werden kann.

Wien, Januar 1872. D. Beck, k. k. Oberst.«

Die Dynamitpatronen (Schlagpatronen sind etwa 10 Cm., Zündpatronen circa 2·5 Cm. lang) werden im beiläufigen Stückverhältnisse von 3 : 1 uud im Gesammtgewichte von 2·5 Kgr. in eine Pappendeckelschachtel gegeben, welche entweder mit wasserdichtem Papier umhüllt und

Digitized by Google

verschnürt, oder an den Rändern verklebt und in geschmolzenes Paraffin getaucht wird. Je zehn solcher Schachteln, zusammen etwa 25 Kgr., werden in einer Kiste untergebracht.

Die Polizeiverordnungen, betreffend den Verkehr mit Sprengstoffen in Deutschland sind am Schlusse dieses Buches wiedergegeben. In den anderen Ländern bestehen diesen ähnliche Vorschriften.

II.

Die Sprengtechnik.

Die Sprengtechnik*) ist noch eine sehr junge Wissenschaft. Ja man kann dreist behaupten, daß sie nicht viel älter als 25—30 Jahre sei. Denn so lange noch das Schießpulver für das Sprengen benützt wurde, war letzteres eine handwerksmäßig betriebene Operation ohne jeglichen wissenschaftlichen Rückhalt.

Mit Anwendung der Nitroglycerin-Sprengstoffe ist dies rasch anders geworden. Die ausgedehntesten wissenschaftlichen Versuche wurden mit diesen Explosivstoffen angestellt und die Resultate in der Sprengtechnik verwerthet. Wir erwähnen in dieser Richtung nur die trefflichen Untersuchungen von Abel, dem Chemiker des englischen Kriegsdepartements, sowie die langjährigen praktischen Versuche des österreichischen technischen und administrativen Militär-Comités.

---

*) Allen, welche sich mit diesem Gegenstande näher vertraut machen wollen, sei das vortreffliche Werk von O. Guttmann, »Handbuch der Sprengarbeit« empfohlen.

Digitized by Google

Die wichtigsten Aufgaben der modernen Sprengtechnik sind folgende:

1. Eisenbahn-, Straßen-, Hafen- und Strombauten in der kürzesten Zeit durchzuführen; dem Verkehre neue und sichere Wege zu verschaffen, Hemmnisse und Gefahren zu beseitigen.

2. Reiche Kohlen- und Erzlager in Kürze zu erschließen und abzubauen; Metallmassen, deren Volumen und Gewicht sie der Verarbeitung entzieht, wieder der Verwendung zugängig zu machen.

3. Die Klärung großer Waldflächen von den in der Erde zurückgebliebenen Baumstöcken.

4. Die Lockerung des Untergrundes auf Tiefen, in die kein Ackergeräth hinabreicht, oder an Stellen, wo jedes Ackergeräth nutzlos wird.

5. Angriff und Vertheidigung im Kriege intensiver zu führen; feindliche oder dem Feinde dienliche Objecte zu zerstören.

Die Hilfsmittel der Sprengtechnik sind:

1. Die Maschinen und Werkzeuge zur Herstellung der Räume für die Aufnahme der Ladungen (meist Bohrmaschinen u. s. w.).
2. Die Zündmittel.
3. Die Explosivstoffe.

1. Herstellung der Bohrlöcher.

Die Herstellung der Bohrlöcher erfolgt durch Handarbeit, oder mittelst eigener maschineller Vorrichtungen, den Bohrmaschinen. Im ersteren Falle finden Bohrstangen von verschiedener Schneidenform und Länge Anwendung. Die Breite der Schneiden richtet sich nach dem Gestein, dem Sprengmittel und der Tiefe des Bohrloches. Gewöhnlich verwendet man als kleinste Schneidenbreite für Pulver 26—30 Mm.,

Digitized by Google

für Dynamit 19—23 Mm. bei Lochtiefen bis zu 1 Meter, darüber hinaus beginnt man erst mit stärkeren Bohrern (Schneidenbreite bis 50 Mm.) und verengert dann das Bohrloch in dem Maße, als längere Stangen Verwendung finden.

Vor Herstellung eines Bohrloches werden zunächst die Unebenheiten des Gesteines entfernt, »abgebrüstet«, und dann die erste Vertiefung zur Führung des Bohrers in der entsprechenden Richtung hergestellt. Nach jedem Schlage, der mittelst der Fäustel und Schlägel, welche verschiedenes Gewicht besitzen, geführt wird, muß der Bohrer gedreht und etwas gehoben werden, um ein rundes Loch zu erzielen. Das Ausräumen des Bohrmehles (Schmand) muß sehr häufig erfolgen, es geschieht mittelst des Raumkrätzers, dessen Ende ein Löffel bildet. Wo es möglich ist, wird naß gebohrt, indem Wasser in das Bohrloch eingegossen wird, das Bohrmehl dämpft dann weniger die Kraft des Schlages, auch wird das Verstäuben des Bohrmehles vermieden. Nach der Fertigstellung wird das Bohrloch gründlich gereinigt und ausgetrocknet.

Den Uebergang von der Handbohrung zur Maschinenbohrung bilden gewissermaßen die Schneckenbohrer, welche in weicher Kohle sehr häufig verwendet werden, und rasches, wie auch billiges Arbeiten erlauben.

Die erste eigentliche Bohrmaschine wurde von John Singer in Chicago ausgeführt, aber erst durch die großen Tunnelbauten wurde die Anwendung der Bohrmaschinen allgemein, und hierdurch auch der Anstoß zu deren Verbesserung und Vervollkommnung gegeben.

Wir unterscheiden zwischen Percussions- und Rotations-Bohrmaschinen; bei ersteren arbeitet der Bohrer schlagend und durch seine Bohrschneiden den Stein zerstoßend. Die Percussions-Bohrmaschinen werden durch Dampf oder comprimirte Luft getrieben.

Bei den Rotations-Bohrmaschinen lassen sich ebenfalls zwei verschiedene Principien unterscheiden, und zwar wird entweder das Gestein unter mäßigem Drucke abgeschliffen,

Digitized by Google

indem man harte, kantige Körper daran reibt, oder das Gestein wird unter sehr hohem Druck zerbröckelt; erstere sind die durch comprimirte Luft getriebenen Diamant-Bohrmaschinen, letztere die Brand'schen Bohrmaschinen, deren Druck und Rotation durch hydraulische Kraft bewirkt wird.

Die Percussions-Bohrmaschinen bestehen aus einem Cylinder, in welchem ein Arbeitskolben, mit dem der Bohrer verbunden, in rasche Vor- und Rückbewegung gesetzt wird. Die mit großer Geschwindigkeit (200 bis 400 Mal per Minute) und großer Kraft geführten Schläge des Bohrers gegen das Gestein zermalmen dasselbe auf ähnliche Art, wie dies bei der Handbohrung geschieht.

Die Vortheile der Percussions-Bohrmaschinen sind: geringe Unkosten bei der Beschaffung und Erhaltung, verhältnißmäßig geringes Gewicht, entsprechend leichte Handhabung und leichter Transport, einfache Construction und geringe Dimensionen bei bedeutender Arbeitsleistung.

Die Nachtheile sind geringe: Die unvermeidlichen Erschütterungen, welche die rasch aufeinander folgenden Schläge verursachen, und das die Arbeit begleitende Geräusch.

Der Verbrauch an Luft (Dampf) schwankt zwischen 0·28—0·50 Cbm. per Minute bei $3^1/_2$—$1^1/_2$ Atmosphären Spannung. Es genügen Motoren von 4—6 Pferdekräften per Maschine.

Die Diamant-Bohrmaschinen zerfallen in solche für Schürfungen und Tiefbohrungen und in solche für Stollenvortrieb. Erstere Gattung steht noch heute unübertroffen da, während letztere überall den Percussions-Bohrmaschinen weichen mußte.

Die Diamant-Bohrmaschinen für Tiefbohrungen bestehen aus den Antriebs-Maschinen (circa 12 Pferdekräfte für 500 Meter Tiefe), dem Räderwerke, der Bohrspindel, der Bohrkrone und dem Gestänge.

Durchgängig kommen jetzt schwarze Diamanten (carbons) zur Verwendung. Trotzdem kommen die Bohrkronen mit

Digitized by Google

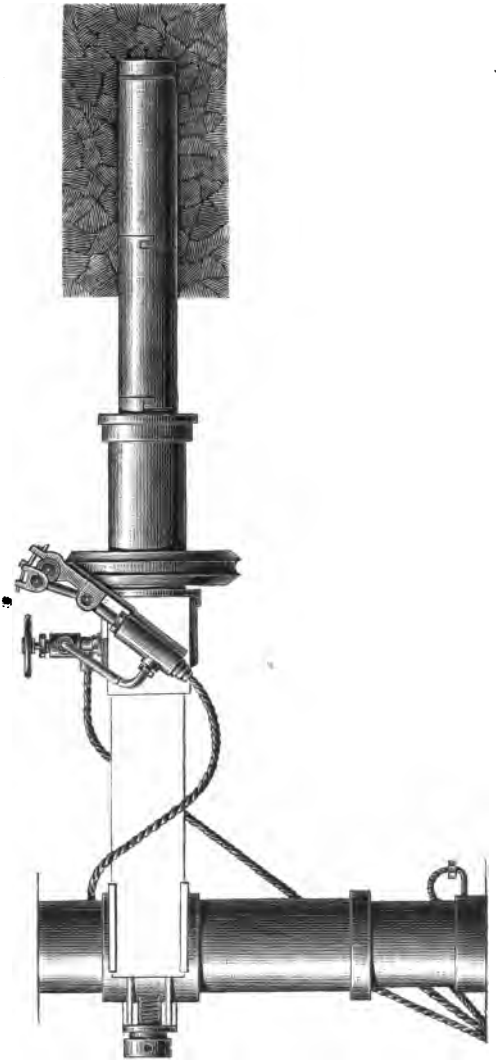


Fig. 48.

Digitized by Google

Diamanten auf 50 (25 Mm.) bis 250 (75 Mm.) Dollars per Stück zu stehen.

Das Bohrgestänge ist hohl, um das Druckwasser zum Ausspülen des Bohrmehls durchtreiben zu können. Man rechnet bei Tiefbohrungen einschließlich aller Gestänge-Arbeiten auf eine Stunde Arbeit je nach dem Gestein 1—3 Mtr. Bohrlochstiefe bei einem Lochdurchmesser von 30—50 Mm.

Die Brand'sche Rotations-Bohrmaschine (Fig. 48) besteht aus dem Preßcylinder, aus zwei Wassersäulen-Maschinen und der Bohrstange mit dem Bohrer. Das Bohren geschieht, indem der an der Schneidefläche sägezahnförmige konische Kernbohrer, welcher an der Bohrstange befestigt ist, durch den Preßcylinder unter hohem Drucke gegen das Gestein gepreßt und durch die Wassersäulen-Maschinen in rotirende Bewegung gesetzt wird; durch den Druck und die Drehung werden die Zähne das Gestein zerbröckeln, und so die Vertiefung des Bohrloches herstellen. Die Maschine preßt mit 80 Atmosphären Druck den Bohrer gegen das Gestein und macht per Minute 10 Umdrehungen; das Wasserquantum, welches verbraucht wird, beträgt 50 Liter per Minute.

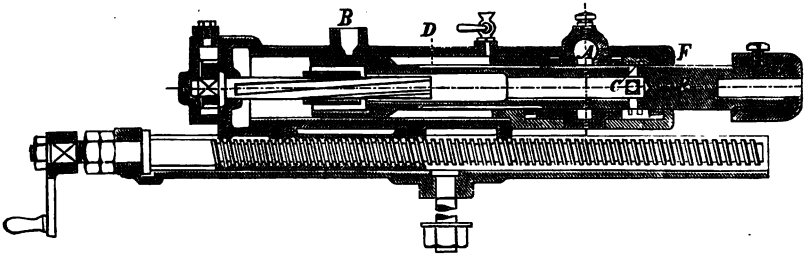
Die Vortheile der Brand'schen Rotations-Bohrmaschine sind: die ruhige, alle Stöße vermeidende Arbeit, das leichte Festklemmen vor Ort und, wenn das natürliche Gefälle vorhanden ist, der billige Motor; wo kein natürliches Gefälle den hohen Wasserdruck beschafft, müssen Dampfmaschinen, Pumpen, Accumulatoren denselben erzeugen.

Eine der besten gegenwärtig bekannten Bohrmaschinen ist die Adelaide Rock Drill von Commons & Comp. in London, welche im ausgedehntesten Maße beim Baue des Panamacanales Anwendung fand. Fig. 49 zeigt einen Längsschnitt dieser Maschine, Fig. 50 die Construction der Ausströmung bei Dampfbetrieb, Fig. 51 bei Anwendung von Preßluft. Die Luft tritt bei A in einen ringförmigen Canal aus dem Kolben E, wodurch eine an allen Stellen gleiche Pressung erzielt wird, und von da durch Canäle C in das Innere der Kolbenstange, und an der Drehspindel

Digitized by Google

vorbei hinter den Kolben, wodurch dieser vorwärts geschleudert wird. Bei dieser Vorwärtsbewegung wird dann der Einströmungscanal auf etwa dem halben Wege selbstthätig geschlossen und die hinter dem Kolben angesammelte Luft

Fig. 49.



expandirt dann noch weiter. Sobald der Kolben am Ausströmungscanale B angelangt ist, tritt die Luft hier und gleichzeitig auch bei C aus, da die Kolbenstange über die

Fig. 50.

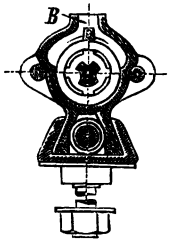
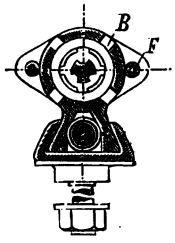


Fig. 51.



Stopfbüchse F hinausgeschleudert wird. Die Rückwärtsbewegung erfolgt, indem die Luft in der Aussparung D an die Hinterfläche des Kolbens gelangt und bei B ausbläst.

Die Adelaide Rock Drill besitzt den großen Vortheil, daß mit Ausnahme der Kolbenstange und Drehspindel keinerlei bewegliche Theile vorhanden sind, und daß durch

Digitized by Google

die sinnreiche Anordnung der Ringcanäle jede Steuerung durch Ventile 2c. entfällt. Ferner entfernt die durch den Ringcanal C ausströmende Luft stets das Bohrmehl, was insbesondere bei ansteigenden Bohrlöchern von großem Vortheil ist. Die Anordnung der vier Ausblasöffnungen B um den Ringcanal herum, in Verbindung mit dem Ringcanal C, gestattet rasche Entleerung der Luft, während bei Dampfbetrieb das Entweichen von Dampf vermieden wird, und deshalb sowohl der Ringcanal C innerhalb der Stopfbüchsen bleibt, als auch die Ausblasöffnung die Form eines Rohrstutzens (B in Fig. 50) erhält. Durch bloßes Lösen des Bolzens F werden alle Theile der Maschine zugänglich.

2. Die Zündmittel.

Man unterscheidet Zeitzünder und Momentzünder. Zu den ersteren gehören die Halmzündungen (mit Pulver gefüllte, unbeschädigte Strohhalme) und die Bickford-Zündschnüre, zu den letzteren die schnellbrennenden Zündschnüre und die elektrischen Zünder.

Die Bickford-Zündschnüre sind Hanfschnüre, in denen eine feine Mehlpulverseele sich befindet, welche das Feuer langsam bis zum Zündhütchen führt und so die Minenzündung bewirkt.

Sollen die Zündschnüre für nasse Bohrlöcher, respective in Wasser gebraucht werden, so werden solche von größerem Durchmesser angewendet und dieselben gut getheert, respective mit einer wasserdichten Masse überzogen.

Das Verbinden der langsam brennenden Zündschnüre mit dem Zündhütchen geschieht in folgender Weise:

Ein der Bohrlochslänge entsprechendes Stück Zündschnur AD wird an einem Ende senkrecht auf die Längsrichtung scharf abgeschnitten, in ein Zündhütchen BE (Fig. 52) soweit eingesteckt, bis sie auf dem Knallsatze DE desselben aufsitzt, und dann dieses mit einer kleinen Zange oben an

Digitized by Google

die Zündschnur angekniffen (bei C), so daß sich die Zündschnur in dem Hütchen nicht mehr verschieben kann.

Bei Verwendung der Bickford-Zündschnur wird diese am Ende ungefähr 2·5 Cm. lang in ihrer Längsachse bis auf die Pulverseele aufgeschnitten und in diesen Schnitt entweder Mehlpulver oder ein Stück Zündschwamm eingeklemmt. Das Zünden der Bickford-Zündschnüre geschieht, indem man das aufgestreute Mehlpulver oder den eingeklemmten Zündschwamm mit einer brennenden Lunte oder Kohle berührt.

Die schnellbrennenden Zündschnüre sind mit besonderen Lösungen getränkte und mit explosiven Stoffen imprägnirte Baumwollfäden, die mit Bandstreifen umwunden und dann durch Bleiröhrchen gezogen oder mit Guttapercha umhüllt werden. Außer in der Kriegstechnik kommen sie nur selten zur Verwendung, da sie eine sehr vorsichtige und sorgfältige Behandlung erfordern.

Fig. 52.

Die elektrische Zündung. Dieselbe ermöglicht nicht nur eine bedeutende Ersparniß an Bohrarbeit und Sprengstoff, sondern gewährt auch den Arbeitern völlige Sicherheit. Versagen dagegen bei Anwendung der Bickford-Schnur Schüsse, so muß man lange Zeit warten, ehe man den Sprengort betreten kann, da solche Schnüre oft lange langsam fortglimmen und endlich doch noch zünden. Dann ist aber auch die Wirkung aufeinander folgender Schüsse lange nicht so kräftig als jene richtig combinirter, gleichzeitig abgefeuerter Schüsse.

Die elektrische Zündung gestattet es, die Bohrlöcher auf das Doppelte der Vorgabe*) auseinander zu legen, während die Schnurzündung nur Abstände vom ein- bis eineinhalbfachen der Vorgabe gestattet.

*) Unter »Vorgabe« versteht man die kürzeste Widerstandslinie, das heißt die Entfernung des Minenherdes von der nächsten freien Fläche.

Digitized by Google

Die zur elektrischen Zündung nöthigen Materialien sind:

a) die Zündmaschine,
b) die Leitung,
c) die Zünder.

a) die Zündmaschine. Als man sich der vielen großen Vortheile der elektrischen Zündnug allmählich bewußt wurde, wandte man bei dem Suchen nach einem praktischen Zündapparat zuerst den galvanischen Ketten seine Aufmerksamkeit zu, da Elektrisirmaschinen gegen die in den Gruben stets herrschende Grubenfeuchtigkeit sehr empfindlich sind und dort ihre Wirkung versagten.

Doch stellte sich bald heraus, daß galvanische Ketten viele Mängel zeigen und zu unserem Zwecke durchaus unbrauchbar sind. Einmal sind dazu viele Plattenpaare nöthig, welche die Batterie zerbrechlich, complicirt und schwer machen; die Flüssigkeiten in den Zellen vermindern außerdem die Transportfähigkeit in hohem Grade und die Reinigung und Neufüllung der Batterie muß von einem erfahrenen Manne geschehen. Dazu kommt noch, daß auf eine höchst sorgfältige Isolirung der Leitungsdrähte und peinlich genaue Verbindung der Drahtenden gesehen werden muß, die in den meisten Fällen nur durch Zusammenlöthen erzielt werden kann, alles Arbeiten, die der gewöhnliche Bergmann schwer lernen wird.

Die Einschaltung von Inductions-Apparaten vermehrt zwar die Stromintensität, ohne indeß den anderen Nachtheilen abhelfen zu können. Es haben denn auch diese Apparate nur geringe Verbreitung gefunden.

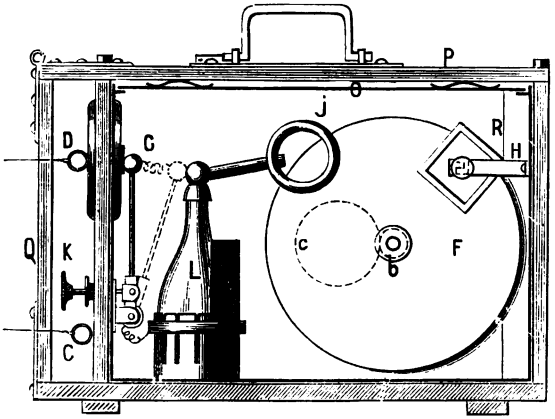
Vielfach werden Reibungs-Elektrisir-Maschinen benützt. Den Hauptfehler derselben, die Empfindlichkeit gegen Nässe, beseitigte Bornhardt durch Einsetzen derselben in einen luftdicht verschlossenen Kasten aus Zinkblech, in dem außerdem kleine Kästen mit geglühter Holzkohle eingesetzt sind, um jeden Einfluß der Feuchtigkeit aufzuheben.

Digitized by Google

Als Conductor, respective Condensator dient bei der Bornhardt'schen Patent-Zünd-Elektrisir-Maschine (Fig. 53) eine Leydener Flasche, deren Kopf direct mit den Saugringen in Verbindung steht, während die äußere Belegung die Reibzeug-Elektricität aufnimmt.

F ist eine einfache oder doppelte Scheibe von Hartgummi, ihre eiserne Achse trägt außerhalb des Kastens, durch welchen sie hindurchgeht, ein Getriebe b, welches durch ein

Fig. 53.



viermal größeres Zahnrad c mittelst einer Kurbel in schnelle Rotation versetzt wird. Die Drehung der Kurbel kann in beliebiger Richtung erfolgen und ist es bei dem praktischen Gebrauch der Maschine sogar vortheilhaft, abwechselnd rechts oder links herumzudrehen, weil dadurch ein Absetzen von Theilen auf das Reibzeug im verminderten Maße stattfindet und die Wirkung der Maschine auf längere Zeit constant bleibt, ohne die Reinigung des Reibzeuges zu oft zu erfordern.

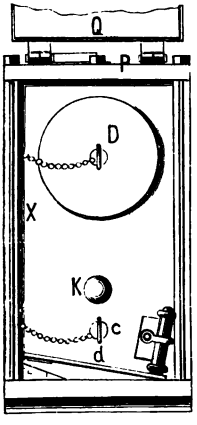
Das Reibzeug R besteht aus einem kleinen Stückchen Pelzwerk, das durch eine schwache Doppelfeder H beider-

Digitized by Google

seits angedrückt wird. Die Saugringe J saugen die erzeugte Elektricität auf und laden dadurch den Flaschen-Condensator L; von diesen wird jeder einzelne sorgfältig vorher auf gute Isolation geprüft, damit ein Unbrauchbarwerden nicht stattfinden kann.

Die Flaschen stehen in einem Futter, welches sich am Boden des Kastens befindet; sie tragen an ihrer Vorderseite eine Hartgummi-Schutzscheibe, um ein Ausstrahlen der Elektricität von der Scheibe zur äußeren Belegung zu verhüten.

Fig. 54.



Zur Entladung des Flaschen-Condensators dient der Entlader G, welcher durch Druck auf einen an der Seite befindlichen Knopf K mit dem Knopfe der Flasche in Berührung tritt (die in Fig. 53 punktirte Lage annimmt) und durch eine Feder mit der Oese C in Verbindung bleibt. Die Oese D steht mit der äußeren Belegung der Flasche in leitender Verbindung.

Zur leichten Prüfung des normalen Zustandes der Maschine ist bei x (Fig. 54) eine Funkenscala von 15 Metallknöpfen angebracht, die durch Ketten mit den Oesen c und D in Verbindung gebracht werden kann. Ueberspringt der durch etwa 15—20 Umdrehungen erzeugte Funke die Unterbrechungen dieser Scala lebhaft, wenn man die Flasche durch einen Druck auf den Entlader K entladet, so ist die Maschine im guten Zustande.

Die Regeln bei dem Gebrauche der Bornhardt'schen Zündmaschine sind folgende:

1. Die Maschine ist täglich vor dem Gebrauche auf genügende Wirsamkeit zu prüfen, was geschieht, indem man die Ketten der im Vorderraume des Kastens befindlichen Scala in die obere und untere Oese einhängt, vermittelst der Kurbeln etwa 12—16 Umdrehungen macht und durch

Digitized by Google

Druck auf den Entladerknopf entladet. Springt der Funken über die Scala, so ist die Maschine im guten Zustande, sie genügt auch noch, wenn man bis 25 Umdrehungen machen muß; andernfalls ist die Maschine nach den unten stehenden Angaben zu behandeln.

2. Nach diesem Versuche ist die Kurbel abzuziehen und der Vorderraum wieder zu schließen.

3. Die runde Hartgummi-Isolirung ist, wenn die Luft feucht, mit einem trockenen seidenen oder wollenen Tuche öfters abzuwischen, namentlich vor Nässe und Schmutz zu schützen, überhaupt sauber und trocken zu erhalten.

4. Die Maschine darf nur dem mit der Sprengung Beauftragten zugänglich sein.

5. Nachdem alle Bohrlöcher besetzt, die Zünder unter sich und mit den Leitungsdrähten zur Maschine verbunden sind und die Mannschaft in Sicherheit ist, werden erst die Leitungsdrähte in die obere und untere Oese der Maschine eingehängt.

6. Nachdem dies geschehen, wird ein Signal oder Commando gegeben, circa 15, 20—30 Kurbelumgänge, je nach der Anzahl der Bohrlöcher, gemacht, und durch Druck auf den Knopf entladen. Die Kurbel wird sogleich wieder abgezogen, die Leitungsdrähte wieder ausgehängt und der Deckel der Maschine geschlossen.

7. Man vermeide es, die Maschine in die Sonne zu stellen gleich darauf in ein naßkaltes Local zu bringen, überhaupt starken Temperaturwechseln auszusetzen; namentlich bringe man sie nicht aus einem naßkalten Locale plötzlich in einen geheizten Raum. Die Maschine wird am besten in einem trockenen, luftigen Raume aufbewahrt.

Diese Vorrichtung gestattet es, 30—40 Schüsse auf einmal mit Sicherheit abzubrennen.

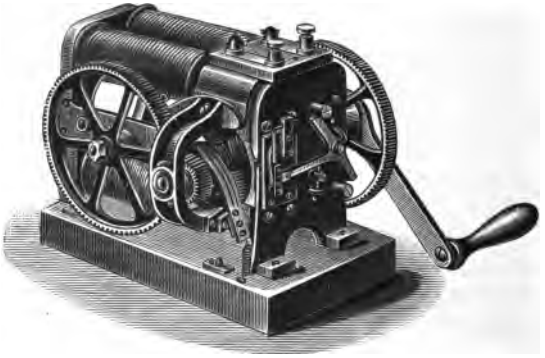
Die magneto-elektrischen Zündvorrichtungen beruhen auf dem Principe, daß in Drahtspulen ein kräftiger Strom erzeugt wird, wenn man diese rasch einem starken Magnete nähert, oder von diesem entfernt. Dies

Digitized by Google

wird am einfachsten erreicht, indem man die Spulen vor dem Magnete rotiren läßt.

Unter den vielen derartigen Maschinen führen wir die von Bürgin in Basel construirte an, welche bei der schweizerischen Genietruppe eingeführt ist. Bei derselben (Fig. 55) werden die Spulen durch Drehung der Kurbel in rasche Rotation versetzt. Ist ein genügend starker Strom erzeugt, so ziehen die Elektromagnete einen Anker an, welcher den Strom unterbricht und einen Extrastrom entstehen läßt, der

Fig. 55.



in die Zündleitung geführt wird. Diese Vorrichtung ist sowohl für Spalt- als auch für Glühzünder anwendbar, sie gestattet ferner, die Schüsse parallel oder hintereinander zu schalten, und je 40 auf einmal abzuthun.

b) Die metallische Leitung. Man unterscheidet wie bei jeder elektrischen Leitung so auch hier die Luft- oder Hinleitung, welche bis zu ihrem Wirkungsorte auf wohlisolirte Metalldrähte angewiesen ist und die Erd- oder Rückleitung, welche durch den Erdboden oder durch einen sonstigen Leiter zum elektrischen Zünder geleitet wird.

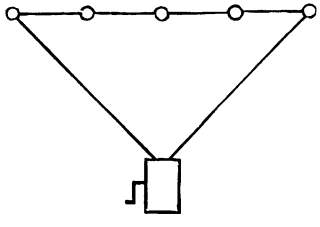
Bei wichtigen Sprengungen, bei welchen auf einen sicheren Erfolg gerechnet wird, wendet man stets isolirte

Digitized by Google

Hin- und Rückleitung an. Es ist jedoch nicht unbedingt nöthig, daß die Rückleitung stets isolirt werde, in den Fällen z. B., wo nur eine Gruppe von Ladungen zu zünden ist, kann die Rückleitung aus auf den Boden gelegtem Metalldraht bestehen.

Zu den Drahtleitungen benützt man blanken Eisen- oder Messingdraht oder aber Guttapercha-Kupferdraht. Letzterer ist vorzuziehen, weil bei seinem Gebrauche Isolatoren entbehrlich werden. Der Guttaperchadraht ist (falls die isolirende Hülle unbeschädigt ist) sowohl in der Erde als im ruhigen Wasser liegend, vollkommen verläßlich. Wird er

Fig. 56.



sofort benützt, so genügt es, den Draht ohne weiteres auf den Boden zu legen.

Die Schaltung der Schüsse, d. i. die Art und Weise, in welcher sie untereinander und mit der Leitung verbunden werden, kann auf zweierlei Art erfolgen. Bei Anwendung der Reibungs-Zündmaschinen muß die Schaltung *hintereinander* erfolgen, es ist dann jeder Zünder mit dem nächsten direct verbunden (Fig. 56). Werden elektro-magnetische Zündmaschinen verwendet, so kann auch die *Parallelschaltung* (Fig. 57) Anwendung finden. Während bei der ersten Schaltungsweise ein schlechter Zünder die nach ihm folgenden Versagen macht, ist bei der Parallelschaltung jeder Zünder vom anderen unabhängig. — Auch gemischte Schaltung, theils hintereinander, theils parallel wird angewendet.

Digitized by Google

c) Die elektrischen Zünder. Man theilt die elektrischen Zünder in Spalt-, Brücken- und Glühzünder.

In Fig. 58 ist ein Spalt-Zünder abgebildet. Er besteht aus einem U-förmig gebogenen Messingdraht, welcher mit einer festen Masse a, bestehend aus geschmolzenem Schwefel und Glaspulver, umgossen ist. Dieser Zünderkörper ist mit einer Papierhülse m verbunden (die Zünder für

Fig. 57.

Fig. 58.

submarine Zwecke haben Metallröhrchen), in welche eine Sprengkapsel k eingeschoben ist, die Knallquecksilber enthält.

Wo die Buchstaben m stehen, zwischen der Kapsel und dem Zünderkörper, befindet sich eine besondere Zündmischung, bestehend aus Schwefelantimon und chlorsaurem Kalium, in welche der gebogene, fein durchgeschnittene Draht eintaucht so daß die Bildung des elektrischen Funkens an der Unterbrechungsstelle die Zündung der Zündmischung und durch jene die der Sprengkapsel erfolgen muß.

Die Spaltzünder bedürfen hochgespannter Ströme.

Digitized by Google

Die Brückenzünder werden derart verfertigt, daß man die Leitungsdrähte bis zur Oberfläche des Zünderkopfes abfeilt und zwischen beiden einen Bleistiftstrich zieht. Der Graphit leitet die Elektricität, doch sind in der Bleistiftlinie stets Unterbrechungen vorhanden, welche dann Funkenbildung hervorrufen und derart die Entzündung bewirken.

Die Glühzünder beruhen auf dem Principe, daß dünne Drähte durch den elektrischen Strom zum Glühen gebracht werden. Die Zuleitungsdrähte reichen einzeln in die Gußmasse und sind am unteren Ende durch einen dünnen Platindraht verbunden, welcher durch Schließung des Stromes glühend wird und die Entzündung der Kapsel herbeiführt. Glühzünder benöthigen Ströme von hoher Intensität, es sind daher kräftige Zündapparate erforderlich, um eine größere Anzahl von Bohrlöchern gleichzeitig abzuthun.

Die elektrischen Zünder werden, mit hinreichend langen isolirten Leitungsdrähten verbunden, in den Handel gebracht, um sie so leichter verwenden zu können.

Man unterscheidet Bandzünder, Stabzünder und Guttapercha-Drahtzünder.

Bei den Bandzündern sind die Leitungsdrähte in getheerten Papier- oder Leinwandstreifen eingeschlossen. Die Leinwand-Bandzünder haben den Vorzug der Billigkeit der Anwendbarkeit in nassen Bohrlöchern und des geringen Raumes, welchen sie im Bohrloch einnehmen.

Die Stabzünder; bei diesen ist die Isolirung der Leitungsdrähte durch Holzstäbchen hergestellt, indem die Drähte in letztere eingepreßt werden. In trockenen Minen gut verwendbar.

Die Guttapercha-Drahtzünder sind namentlich für Sprengungen unter Wasser zu empfehlen.

Als Ersatz für die elektrische Zündung finden manchmal, insbesondere in Schlagwettergruben, auch Reibungszündungen Anwendung. Hierbei wird eine aus chlorsaurem Kalium und Schwefelantimon hergestellte Zündmasse durch Herausreißen eines in ihr eingelassenen

Digitized by Google

gezahnten Drahtes, was mittelst einer langen Schnur erfolgt, zur Detonation gebracht.

Die detonirende Zündschnur von Philipp Heß besteht aus Baumwollfäden, welche durch einen Knallquecksilberbrei geführt und dann übersponnen wurden. Die Verbindung der einzelnen Schnüre untereinander erfolgt durch Verknüpfen derselben. Man umgeht hier die Anwendung eines Zündhütchens, da die Zündschnur in eine Dynamitpatrone gesteckt, diese direct zur Explosion bringt. Diese Zündschnur, welche durch ein am Ende aufgestecktes Zündhütchen zum Abbrennen gebracht wird, pflanzt die Explosion mit einer Geschwindigkeit von 5000 Meter pro Secunde fort.

Die Anwendung der elektrischen Zündung. Es ist nunmehr die nächste Aufgabe, Zündmaschine, Leitung und Zünder mit einander in Verbindung zu bringen. Dies begreift drei Operationen in sich: 1. die Herrichtung eines Schusses, 2. die Verbindung der Schüsse unter sich und mit der Hauptleitung, 3. die Zündung.

a) Die Herrichtung eines Schusses. Der mit dem Laden der Bohrschüsse betraute Mineur oder Häuer erhält die elektrischen Zünder schon mit den für das Bohrloch erforderlich langen isolirten Drahtleitungen (Bohrlochs-Drähten), es mögen dieselben nun Stabzünder, Bandzünder oder Guttapercha-Drahtzünder sein.

Die aus dem Bohrloch hervorragenden Enden der Bohrlochsdrähte werden mit einem Messer blank geputzt.

Sollen Leitungsdrähte mit einander verbunden werden, so schabt man (zur Entfernung der oxydirten Schicht) die zu verbindenden Enden blank ab. Hierauf werden letztere zusammengeflochten, die vorstehenden Drahtspitzen zurückgebogen, das ganze Geflecht mit einer kleinen Breitzange gepreßt und die Drahtspitzen abgezwickt (Fig. 59).

Bei Guttapercha-Draht wird zuerst von den beiden zu verbindenden Drahtenden auf 5 Cm. die Guttapercha mit einem Messer abgeschabt. Nachdem nun die bloßgelegten Kupferdrähte, wie oben erwähnt, verbunden wurden, wird

Digitized by Google

ein Kautschukröhrchen, welches gleich anfangs auf den einen Draht geschoben wurde, über die Verbindungsstelle der Drähte gezogen. (Fig. 60.)

b) Die Verbindung der Schüsse unter einander und mit der Hauptleitung. Hat jeder Häuer seine Schüsse geladen, so ragen aus jedem Schusse die Enden der Bohrlochdrähte einige Centimeter hervor. Der mit der Fertigstellung der Zündung betraute Vormann verbindet nun einen Bohrlochdraht eines Schusses durch ein eingeschaltetes Drahtstück, dessen Enden sorgfältig blank zu putzen sind, mit der Hinleitung. Der zweite Draht desselben Schusses wird mit einem Drahte des Nachbarschusses, der zweite

Fig 59.

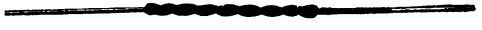


Fig. 60.

Draht des letzteren mit einem Drahte eines dritten Schusses u. s. f., endlich das übrig bleibende Ende des letzten Schusses mit der Rückleitung durch eingeschobene Drahtstücke verbunden.

Diese eingeschalteten Drähte nennt man Kuppeldrähte. Kommen selbe durchaus auf trockenen Stein, so wählt man als Kuppeldraht etwa $^1/_4$—$^1/_2$ Mm. dicken, geglühten Eisendraht; kommen sie auf feuchten Boden, so nimmt man gewöhnlichen übersponnenen Blumendraht, den man mit Talg einschmiert; kommen endlich die Kuppeldrähte ins Wasser, so müssen gute Kautschukdrähte genommen werden.

Die Verbindungsstellen müssen bei feuchtem Auflager gut mit getheerter Leinwand oder Pechpflästerchen umbunden, bei Liegen im Wasser aber sorgfältig mit Kautschukmasse

Digitized by Google

verwahrt werden. — Die Kuppeldrähte dürfen sich nirgends berühren.

Es sei schließlich noch bemerkt, daß das soeben beschriebene Verbinden der Schüsse unter sich und mit der Hauptleitung große Sorgfalt erfordert, weshalb es dem dazu bestimmten Vormanne für alle vorkommenden Fälle genau gelehrt werden muß.

c) Die Zündung. Sind alle Schüsse untereinander verbunden, so hängt der Vormann die beim Apparate befindlichen Enden der Hauptdrähte in die Leitungsknöpfe, steckt die Kurbel an den Apparat, ladet denselben mittelst 30—40 Umdrehungen und drückt am Kopfe K der Elektrisirmaschine (Fig. 53), d. h. er zündet. Hierauf werden die Drahtenden ausgehängt, die Kurbel von der Maschine abgezogen und kann nun der Sprengort gefahrlos betreten werden, ohne Rücksicht darauf, ob alle Schüsse losgegangen sind oder nicht.

3. Anwendung und Wirkung der explosiven Stoffe.

Man kann sämmtliche Explosivstoffe in zwei große Classen theilen, nämlich: 1. in die direct explodirbaren und 2. in die indirect explodirbaren.

Die direct explodirbaren Explosivstoffe können durch eine Flamme oder glühenden Körper, durch den Funken, kurz durch die Erhitzung eines Theiles bis zur Entzündungstemperatur unmittelbar zur Explosion gebracht werden. Bei dieser Classe von Explosivstoffen ist die Entzündungstemperatur demnach zusammenfallend mit der Explosionstemperatur.

Hierher gehören das Schwarzpulver und alle schwarzpulverähnlichen Mischungen, die trockene Schießbaumwolle, das Schießholz und Schießpapier, Nitrostärke, Nitrozucker, Nitromannit, die Pikrinsäure und die Pikratpulver.

Digitized by Google

Die indirect explodirbaren Sprengstoffe können durch einfache Zündung nicht oder doch nicht unmittelbar zur Explosion gebracht werden, indem sie durch oben genannte Mittel nur einfach abbrennen und erst durch viel höhere directe Erhitzung bis zur Explosionstemperatur oder durch einen mechanischen Impuls (Schlag, Stoß, Reibung) zur Detonation gelangen, wenn dieser Impuls derart in Wärme umgesetzt wird, daß hieraus die Erhitzung eines Sprengstofftheilchens bis zur Explosionstemperatur gesteigert wird. Letztere ist also hier bedeutend höher als die Entzündungstemperatur, und ist diese Eigenschaft, welche allen Dynamiten ohne Ausnahme zukommt, von höchster Wichtigkeit für ihre praktische Verwendung und ihre Handhabung.

In Folge dieser Eigenschaft sind die Dynamite im Vergleich zu ihrer furchtbaren explosiven Kraft relativ gefahrlos zu handhaben. Freilich aber können sie auch nicht wie Schießpulver, Pikratpulver nnd flockige trockene Schießwolle durch einfache Bickfordschnüre, sondern nur durch eine mit Zündschnur und Zündhütchen versehene Zündpatrone zur Explosion gebracht werden.

In diese zweite Classe der Explosivstoffe gehören feuchte und comprimirte Schießwolle, Dynamit 1, 2, 3 und 4, Cellulose-Dynamit, Spreng-Gelatine und die Gelatine-Dynamite, Lithofracteur, Dualin, sowie alle übrigen Dynamite und natürlich auch die Mutterfubstanz der Dynamite, das Nitroglycerin.

Man kann fernerhin die Explosivstoffe auch eintheilen in sehr brisante und minder brisante.

Zu den sehr brisanten Sprengmitteln gehören Schießwolle (lose und comprimirte), Nitroglycerin und die Dynamite. Ferner das Knallqueckfilber, die Pikratpulver und der Nytromannit.

Was die Brisanz der verschiedenen Dynamite anbelangt, so rangiren dieselben der Reihe nach, bei dem brisantesten beginnend: Gelatine-Dynamit, Kieselguhr-Dynamit Nr. 1, Cellulose-Dynamit, Dynamit Nr. 2, Nr. 3 und Nr. 4.

Digitized by Google

Zu den weniger brisanten, dagegen mehr treibenden Sprengmitteln gehören das Schwarzpulver und die schwarzpulverähnlichen Explosivstoffe.

Die Minenwirkung der explosiven Stoffe.

Bei gesprengten Minen kann man folgende Theile der gesammten Wirkungssphäre unterscheiden:

1. Die Zermalmungssphäre,
2. die Verschiebungssphäre und
3. die Trennungssphäre.

Je brisanter der Explosivstoff war, desto größer werden bei gleicher Ladungsmenge die ersten beiden Sphären; mit der Abnahme der Brisanz des verwendeten Sprengmittels nehmen die cubischen Inhalte der ersten beiden Sphären ab, dagegen wächst die Trennungssphäre.

Die Minenladungen aus Schwarzpulver erzeugen fast gar keine Zermalmungs- und eine mittelgroße Trennungssphäre, dagegen aber eine verhältnißmäßig große Verschiebungssphäre.

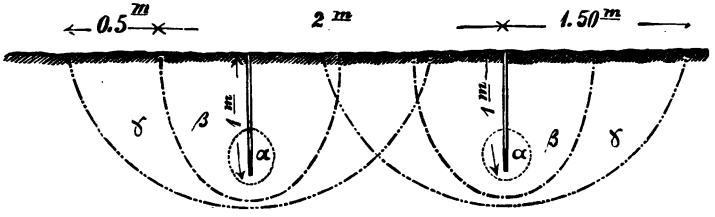
Eine richtig gelegte Dynamitmine »streut« nur sehr wenig, weil kein Nachschub von Gasen stattfindet und letztere sich gleichmäßig den Weg ins Freie bahnen. Beim explodirenden Schießpulver dagegen entwickelt sich anfangs nur ein Theil der Gase, welche sich einen Ausweg in's Freie schaffen. Die so bereits vorhandenen Risse und Klüftungen werden von den späterhin aus dem Pulver sich entwickelnden Gasen erweitert und zugleich durch letztere die schon abgesprengten Felsstücke weit weggeschleudert, wodurch große Streuungen entstehen.

Die starken Dynamitsorten Gelatine-Dynamit, Cellulose-Dynamit, Dynamit Nr. 1 und 2 zermalmen und zerbrechen die benachbarten Partien des Körpers und die Wirkung ist eine ziemlich scharf begrenzte. Die schwächeren Dynamitsorten Nr. 3 und 4 dagegen brechen nur in unmittelbarer Nähe, trennen aber weithin nach dem offenen Lagern und Lassen.

Digitized by Google

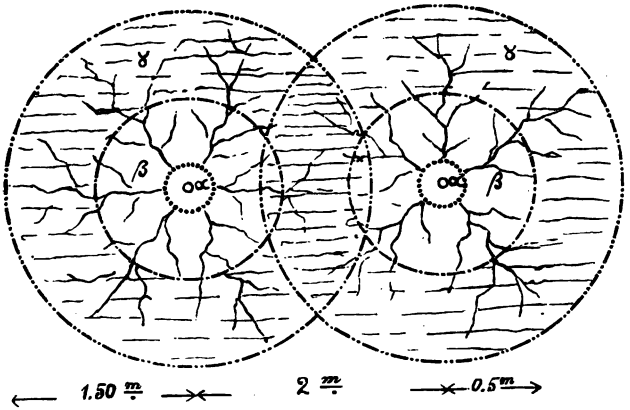
Die Wirkung der verschiedenen Dynamite ist in gleichen Körpern also doch eine verschiedene. Die Wirkung einer

Fig. 61.



Verticalschnitt.

Fig. 62.



Horizontalschnitt in der Richtung des Minenherdes.

. . . . . Zermalmungssphäre (α).
— . — . — . — . Verschiebungssphäre (β).
— . . — . . — . . — . . — . . Trennungssphäre (γ).

Dynamitmine ist abhängig: 1. von der Stärke des verwendeten Dynamits, 2. von der Widerstandsfähigkeit des

Digitized by Google

Gesteines und 3. von dem Verhältniß der Minenladung als Gewichtsmenge zur Länge der Widerstandslinie.

Wenn das Gewicht der Ladung im richtigen Verhältniß war zur Länge der Widerstandslinie, so wird die Mine einen Trichter verursachen, dessen Halbmesser gleich ist der Länge der Widerstandslinie.

Das Dynamit 3 ist schwächer als Dynamit 2, weil in ersterem der Aufsaugestoff, in letzterem das Nitroglycerin mehr zur Wirkung gelangt. Es wird trotzdem eine gewisse Gewichtsmenge Dynamit 3 geben, welche einem bestimmten Gewicht Dynamit 2 an Stärke der Wirkung gleichkommt. Dagegen ist auch in diesem Falle die Art der Wirkung verschieden.

Angenommen, 10 Kgr. Dynamit Nr. 3 seien gleichwerthig 6·8 Kgr. Dynamit Nr. 2 und der zu sprengende Körper sei Felsen, so wird zwar die sogleich in die Augen fallende Wirkung die gleiche sein, aber bei näherer Betrachtung werden folgende Unterschiede bemerkbar: Dynamit Nr. 3 wird eine geringe Zermalmungs-, eine mittlere Verschiebungs- und eine sehr große Trennungssphäre zeigen; Dynamit Nr. 2 dagegen zeigt eine größere Zermalmungs-, eine gleich große Verschiebungs- und eine kleinere Trennungssphäre. Dynamit Nr. 3 wird demnach große Blöcke erzeugt und den Zusammenhang der Masse noch weithin gelockert haben. Die gebrochene Gesteinsmasse ist als Bau- und Werkstein zu benützen. Dynamit Nr. 2 aber hat überwiegend viele neue Brüche erzeugt, also das Gestein in kleinere Blöcke gebrochen und weniger weithin gelockert.

Vorstehend (Fig. 61 und 62) geben wir im Vertical- und Horizontalschnitt die Wirkungssphären zweier, je 1 Meter tiefer und 2 Meter von einander entfernter Dynamitminen welche mit ihren Trennungssphären über einander greifen.

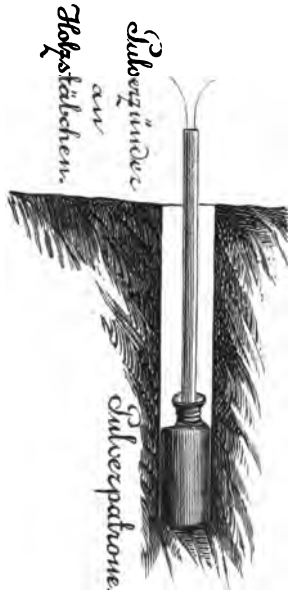
Wir wenden uns nach diesen allgemeinen Bemerkungen nunmehr zu der Anwendung einzelner, besonders wichtiger Explosivstoffe in der Sprengtechnik, und zwar werden wir der Reihe nach das Sprengpulver, die Schießbaumwolle, das Sprengöl, die Dynamite 1, 2, 3 und 4 besprechen.

Digitized by Google

A. Das Sprengpulver. Während dasselbe früher einzig und allein zum Sprengen verwendet wurde, sind ihm in den letzten Jahren mächtige Concurrenten entstanden und nimmt sein Gebrauch in der Sprengtechnik mit jedem Jahre ab.

Fig. 63.

Fig. 64.



In Steinbrüchen, und wo es weniger auf die Menge als auf die Güte und Größe der gelösten Massen ankommt, wird auch heute noch viel mit Pulver gesprengt, da das Dynamit für diese Anwendung ein zu heftiges Explosionsvermögen besitzt. Es gelten für das Pulver bezüglich der Isolation, Verbindung der Schüsse u. s. w. im Allgemeinen dieselben Vorschriften wie für Dynamit, nur ist der Zünder etwas anders. Derselbe kommt billiger zu stehen als der

Digitized by Google

Dynamitzünder, da er beiweitem nicht die Explosionskraft des letzteren zu besitzen braucht.

Derselbe besteht aus einer etwa 1—1·5 Mtr. langen Holzstange (s. Fig. 63), welche auf beiden Schmalseiten einen in einen Sägenschnitt eingelassenen dünnen Eisendraht trägt; dieser Draht verbindet sich am unteren Ende des Stabes mit der eigentlichen Zündpatrone, und werden die am oberen Ende desselben herausragenden Drähte mit der Maschine verbunden.

Das Bohrloch füllt man mit der Hälfte des nöthigen Pulvers, steckt sodann den Stab mit seiner am unteren Ende befindlichen Patrone (kenntlich durch eine weiße Papierumklebung) hinein und schüttet das übrige Pulver hinzu.

Der Besatz des Bohrloches erfolgt durch Aufstampfen von Sand, Thon, Bohrmehl. Trockener Besatz ist vorzuziehen, vorzüglich bei mehreren gleichzeitigen Schüssen.

Bei horizontalen Bohrlöchern wendet man fertige, vorher mit Pulver gefüllte Papierhülsen an, in welchen sich der Zünder in der oben beschriebenen Lage befindet (siehe Fig. 64).

B. Die Schießbaumwolle. Bereits vor langer Zeit wurde dieselbe bei Erdarbeiten in Thon und Sandstein benützt, wobei man fand, daß 1 Theil Schießwolle in seiner Wirkung gleich sei 6 Theilen Schwarzpulver.

Die Schießbaumwolle wirkt in hartem Gestein bedeutend besser als in weichem. Bei Sprengungen wird sie in Form hohler geflochtener Stricke oder hohler Patronen angewendet. Diese hohle Form giebt man ihr deswegen, weil es bei Sprengungen mit Schießwolle vor Allem darauf ankommt, eine möglichst gleichzeitige und rasche Entzündung aller in einem Bohrloche befindlichen Patronen herbeizuführen. Dieser Zweck wird mit hohlen Patronen besser erreicht als mit vollen, da das Zündfeuer sowohl an der äußeren als inneren Seite der ersteren Angriffspunkte findet.

Da Schießwolle in lockerer Form zu den direct explodirbaren Explosivstoffen gehört, so kann sie ebenso wie Schießpulver durch eine einfache Zündschnur entzündet werden.

Digitized by Google

Man verwendet hierzu Zündschnüre aus Schießbaumwolle, die in Röhren von Kautschuk oder Leinwand eingeschlossen sind.

Zur Erhöhung der Sprengwirkung wendet man auch detonirende Zünder an. Dieselben (s. Fig. 65) bestehen aus einer konischen Kupferröhre, welche im unteren Theil a b den Knallsatz, im oberen Theil b c flockige Schießwolle enthält und in welche eine Zündschnur mündet. Durch die Detonation des Knallsatzes wird eine vollständige, augenblickliche Explosion der ganzen Masse erzielt und hierdurch die Wirkung der Explosion bedeutend erhöht.

Fig. 65.

Comprimirte Schießwolle als nicht direct explodirbarer Sprengstoff muß stets mit einen Detonationszünder entzündet werden. Man füllt zuerst das Bohrloch mit Patronen comprimirter Schießbaumwolle an und setzt oben auf die Zündpatrone. Dieselbe enthält in einer inneren Höhlung die mit Zündschnur versehene Sprengkapsel eingeklemmt.

C. Das Sprengöl. Dasselbe gehört zu den nicht direct explodirbaren Explosivstoffen und bot die Entzündung desselben Nobel anfänglich große Schwierigkeiten. Zuerst wendete er mit Nitroglycerin getränktes Schießpulver, später seine Patentzündhütchen (s. Fig. 66 auf Seite 394) an. Die Entdeckung Nobel's, daß der durch die Explosion des Knallqueckſilbers der Zündhütchen erzeugte heftige Stoß im Stande sei, die nicht direct explodirbaren Sprengstoffe leicht und vollständig zur Explosion zu bringen, ist von größter Tragweite für die Sprengtechnik gewesen.

Seit Erfindung des Kieselguhr-Dynamits (1867) sprengt man in Europa nicht mehr mit Sprengöl. Dagegen wird in den Vereinigten Staaten noch viel mit Mowbray'schem Nitroglycerin gesprengt.

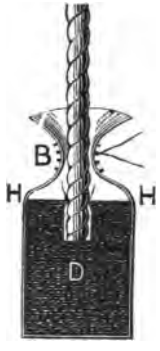
D. Die Dynamite Nr. 1, 2, 3 und 4. Die Ladung eines Bohrloches geschieht auf folgende Weise: Eine Patrone

Digitized by Google

wird eingeschoben, wenn sie am Boden angelangt ist, mit einem hölzernen Ladestock fest zusammengepreßt, daß die Papierhülle platzt und das plastische Dynamit sich an die Bohrlochssohle und Bohrlochswände anschmiegt; hierauf wird eine zweite Patrone eingebracht, dieselbe ebenfalls zusammengedrückt u. s. f., bis die nöthige Ladungshöhe erreicht ist.

Ein der Bohrlochslänge entsprechendes Stück Zündschnur wird nun an einem Ende senkrecht auf die Längs-

Fig. 66.



richtung scharf abgeschnitten, in ein Zündhütchen so weit eingesteckt, bis sie auf dem Knallsatze desselben aufsitzt, und dann dieses mit einer kleinen Zange oben an die Zündschnur angewürgt, so daß sich die Schnur nicht mehr in dem Hütchen verschieben kann

Das mit der Zündschnur versehene Zündhütchen wird in das Dynamit einer auf einer Seite geöffneten kleinen Patrone eingedrückt, so daß nur noch ein Theil des Kupferhütchens aus dem Dynamit hervorsieht, und dann der aufgebogene Rand der Papierhülse bei B (s. Fig. 66) fest an die Zündschnur mittelst eines schmiegsamen Bindfadens gebunden, damit sich das Zündhütchen nicht mehr in dem

Digitized by Google

Dynamit verschieben kann. Eine solche mit Zündhütchen und Zündschnur versehene Patrone wird **Zündpatrone** genannt.

Die freie Zündschnur darf keinesfalls in das Dynamit hinabreichen, weil bei zu tiefem Versenken des Zündhütchens leicht die Entzündung des Dynamits unmittelbar durch die Zündschnur erfolgt. In letzterem Falle aber explodirt bekanntlich das Dynamit nicht, sondern brennt ruhig aus, was nebenbei noch das Entstehen sehr lästiger Gase zur Folge hat.

Die fertige Zündpatrone wird vorsichtig in das Bohrloch hinabgeschoben, bis sie auf der Ladung aufsitzt. Ein Festpressen der Zündpatrone darf nicht stattfinden, da sonst die Kapsel zu tief in das Dynamit eingedrückt wird. Auf die Zündpatrone kommt zuerst die Hälfte des Bohrloches loser Besatz (Bohrmehl, feiner Sand, Erde 2c.), welcher vorsichtig eingebracht werden muß, sodann fester Besatz aus Lehm, welch' letzterer aber nicht geschlagen, sondern nur festgepreßt werden darf.

Gegen Feuchtigkeit, wenn sie nicht zu lange einwirkt, ist Dynamit 1, 2, 3 und 4 unempfindlich. Bei längerem Liegen im Wasser jedoch scheidet sich aus Dynamit 1 das Nitroglycerin aus; die Dynamite 2, 3 und 4 zeigen das Gleiche, dabei wird überdies der Aufsauger (Salpeter und Holzmehl) unverbrennlich und unexplosibel gemacht.

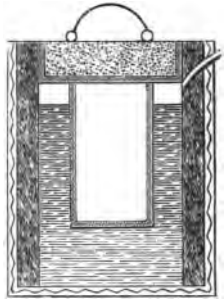
Deshalb verwendet man bei Ladungen unter Wasser wasserdichte Patronen und wasserdichte Zündpatronen, oder noch besser, statt obiger Dynamite den in Wasser vollkommen unveränderlichen Cellulose-Dynamit. Unter 6 Grad C. erstarrt das Dynamit. Um das Erstarren zu verhüten, bewahrt man das Dynamit in hölzernen Kisten mit doppeltem Boden und Wände, deren Zwischenräume mit Dünger ausgefüllt sind.

Ladet man mit gefrornem Dynamit, so wählt man als Zündpatrone eine kleine Patrone von Cellulose-Dynamit und bedient sich verstärkter Kapseln. Gefrornes Dynamit soll nicht im Bohrloch gestoßen werden.

Digitized by Google

Um gefrornes Dynamit aufzuthauen, bedient man sich der Dynamit-Wärmapparate (Fig. 67). Letztere bestehen aus einem Blechgefäß mit doppelten Wänden, einem gut schließenden Deckel und einer die Wärme schlecht leitenden Hülle. Der innere Raum des Blechgefäßes dient zur Aufnahme von $2^1/_2$ Kgr. Dynamit, der äußere Zwischenraum zur Aufnahme von heißem (nicht kochendem!) Wasser. Außerdem hat der Apparat noch einen Deckel zum Zudecken und eine Röhre zum Einfüllen und Ausleeren des Wassers.

Fig. 67.



Die Verwendungen der Dynamite Nr. 1, 2, 3 und 4 sind sehr mannigfaltiger Art.

Am häufigsten — sowohl im Bau- als Bergwesen — verwendet man die Dynamite zu Sprengungen im Gestein. Dynamit Nr. 1 (und ebenso Gelatine- oder Cellulose-Dynamit) sind verwendbar im Gestein höchster Festigkeit und Verspannung, wie solche in Stollen von kleinem Querschnitte vorkommt; bei Quarz, Quarz-Porphyr, sehr festem Basalt, Kieselschiefer und den festesten Gattungen Hornblende.

Dynamit Nr. 2 wird in denselben Gesteinsgattungen, aber bei geringerer Verspannung, wie in Tunnels mit großem Querschnitte angewendet; ferner in allen festen

Digitized by Google

Gesteinsgattungen, wie Urkalk, Gneis und festem Muschelkalk, wenn selbe stark verspannt sind.

Dynamit Nr. 3 braucht man in allen festen oder gefrornen Erdgattungen, als Tegel, Thon und mit Lehm vermengtem Schotter und in Kalksteinbrüchen.

Für Riesenminen, in Werksteinbrüchen, dann für Stein- und Braunkohle empfiehlt sich Dynamit Nr. 4.

Vielfach werden die Dynamite auch in der Land- und Forstwirthschaft angewendet.

Ueber die Bedeutung der Sprengcultur drückte sich Hofrath Dr. W. Ritter v. Hamm, der diesen Zweig der Sprengtechnik seine besondere Aufmerksamkeit schenkte, in folgender Weise aus:

»Die Tendenz unseres Ackerbaues richtet sich immer mehr dahin, durch Tiefcultur auch die unteren Schichten der Erdrinde zur Pflanzenernährung heranzuziehen, den Wurzeln ein größeres Bereich an Nahrungsmaterial darzubieten, ihnen die seit Jahrtausenden in den Untergrund gewaschenen Vorräthe an löslichen Salzen zugängig zu machen. Auf diesem Grundsatze beruht das Verfahren des Rigolens, des Untergrundpflügens, der Dampf-Bodencultur. Allein auch mit den gewaltigsten Motoren erreicht man im günstigsten Falle nur eine Bodenvertiefung von 0·6—0·75 Mtr. während es doch eine bekannte Thatsache ist, daß die meisten Nutzpflanzen in geeignetem Boden Wurzeln von 2 Mtr. Tiefe aussenden, viele aber, z. B. Klee-Arten, Obstbäume, namentlich der Weinstock, sogar bis zu 3 Mtr. und darüber. Es braucht nicht erwiesen zu werden, daß die junge, zarte Wurzel in gelockertem Erdreich rascher vorwärts dringt, größere Nahrungsgebiete ausnützt, als im Gegentheil; es ist zugleich nicht außer Acht zu lassen, daß der Pflanze die Feuchtigkeit der Tiefe in trockener Jahreszeit zugute kommen wird, sobald nur ihre Wurzeln sie zu erreichen vermögen. Wenn es nun gelingt, durch ein ganz einfaches, für Jedermann ausführbares, keine anderen Apparate als etwa einen Erdbohrer erforderndes Verfahren, den widerspänstigen Boden eines Grundstückes bis in die Tiefe von

Digitized by Google

2—3 Mtr. vollständig zu lockern, so daß Luft, Feuchtigkeit und Wurzeln überallhin freien Zugang finden, so muß hierdurch ein Bodenzustand erreicht werden, wie er günstiger für den Pflanzenbau nicht gedacht werden kann. Bis heute war man allerdings nicht in der Lage, durch mechanische Mittel ein solches Ziel anzustreben. Durch die Verwendung des Sprengpulvers Dynamit zu diesem Zwecke aber wird man es erreichen können. Das haben mir die Versuche gezeigt, welche ich bisher angestellt und veranlaßt habe; ich werde dieselben fortsetzen und in geeigneter Weise darüber eingehend zu berichten nicht versäumen. Jedenfalls glaube ich es schon jetzt aussprechen zu dürfen, daß die »Spreng-Cultur« mittelst Dynamit dereinst eine bedeutende Stellung in der Bodenbearbeitung bei der Landwirthschaft einzunehmen berufen ist ꝛc.«

Man wendet gegenwärtig das Dynamit in der Landwirthschaft an, zur Entfernung von Felsbänken, zur Vertiefung von Baumpflanzungen zur Bodenlockerung, auf Tiefen, in die kein Ackergeräthe reicht, sowie zum Rigolen bei Neuanlage von Gärten und Weinbergen.

Für forstliche Zwecke wird hauptsächlich Dynamit zur Beseitigung von Wurzelstöcken angewendet.

Digitized by Google

Anhang.

Polizei-Verordnung

betreffend den

Verkehr mit Sprengstoffen.

Digitized by Google

Digitized by Google

Polizei-Verordnung, betreffend den Verkehr mit Sprengstoffen.

§ 1. Die nachstehenden Bestimmungen begreifen:

1. Die Versendung von Sprengstoffen auf Land- und Wasserwegen — mit Ausnahme des Eisenbahn- und Postverkehrs, und des Verkehrs mit Sprengstoffen und Munitionsgegenständen der Militär- und Marineverwaltung, sowie der Versendung von Sprengstoffen in Kauffahrteischiffen,

2. den Handel mit Sprengstoffen,

3. die Aufbewahrung und Verausgabung von Sprengstoffen innerhalb des Betriebes von Bergwerken, Steinbrüchen, Bauten und gewerblichen Anlagen,

4. die Lagerung von Sprengstoffen — mit Ausnahme der Lagerung in Niederlagen oder Magazinen der Militär- und Marineverwaltung.

Zu den Sprengstoffen im Sinne dieser Bestimmungen gehören nicht:

a) die in dem Heer und in der Marine vorgeschriebenen, nicht sprengkräftigen Zündungen,

b) die für Feuerwaffen benutzten Zündhütchen, Zündspiegel und Patronen für Feuerwaffen,

c) Zündschnüre.

Digitized by Google

I. Allgemeine Bestimmungen.

§ 2. Zum Verkehr im Sinne des § 1, Ziffer 1 bis 3, sind zugelassen:

1. Pulver — Sprengsalpeter, brennbarer Salpeter — (ein sehr inniges Gemisch aus neutral reagirenden Salpeterarten und Kohle oder Stoffen, deren wesentliche Bestandtheile Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff sind, mit oder ohne Schwefel);

2. folgende, Nitroglycerin enthaltende Präparate;

a) Dynamit I (ein bei mittlerer Temperatur plastisches, nicht abtropfbares Gemisch von Nitroglycerin mit pulverförmigen, an sich nicht sprengkräftigen und nicht selbstentzündlichen Stoffen),

b) Dynamit II und III (Kohlendynamit, ein Gemisch von Nitroglycerin mit schießpulverähnlichen Gemengen),

c) Sprenggelatine (ein bei mittlerer Temperatur zähelastisches Gemisch, bestehend aus Nitroglycerin, welches durch Nitrocellulose gelatinirt ist, mit oder ohne kohlensauren Alkalien [beziehungsweise alkalischen Erden] oder neutral reagirenden Salpeterarten),

d) Gelatinedynamit (ein bei mittlerer Temperatur plastisches Gemisch, bestehend aus Nitroglycerin, welches durch Nitrocellulose gelatinirt ist, und Holzmehl, Salpeter und kohlensauren Alkalien, beziehungsweise alkalischen Erden),

e) Carbonit (ein Gemisch von Nitroglycerin mit schießpulverähnlichen Gemengen und mit flüssigen, an sich nicht sprengkräftigen oder nicht selbstentzündlichen Stoffen);

3. Nitrocellulose (lockere, mit mindestens 20 Procent Wassergehalt, und gepreßte, nicht gelatinirte), insbesondere Schießbaumwolle und Collodiumwolle, sowie Gemische von Nitrocellulose mit neutral reagirenden Salpeterarten;

4. folgende Gemische, welche Nitroverbindungen von Stoffen der aromatischen Reihe enthalten:

a) Sekurit (ein Gemenge von Ammoniaksalpeter, Kalisalpeter und Dinitrobenzol oder ähnlichen Stoffen),

b) Roburit (ein Gemisch von Chlordinitrobenzol, Chlornitronaphtalin oder Nitrochlorbenzol und Ammoniaksalpeter);

Digitized by Google

5. Kartuschen, Petarden, Feuerwerkskörper, sprengkräftige Zündmittel, welche zum Entzünden von Ladungen dienen (z. B. Sprengkapseln), Zündplättchen (Amorces);

6. alle jeweilig zur Versendung auf den Eisenbahnen zugelassenen Sprengstoffe.

Zu Versuchszwecken kann die Versendung neuer, hier nicht aufgeführter Sprengstoffe auf bestimmten Wegen, sowie die Aufbewahrung und Verausgabung derselben gestattet werden.

§ 3. Vom Verkehr im Sinne des § 1, Ziffer 1 bis 3, sind ausgeschlossen die nicht nach § 2 zugelassenen Sprengstoffe, insbesondere:

1. Nitroglycerin als solches und in Lösungen;

2. Knallgold, Knallqueckfilber, Knallfilber und die damit hergestellten Präparate;

3. Nitrozuckerarten, Nitrostärkearten und die damit hergestellten Gemische;

4. Gemische, welche Nitroglycerin abtropfen lassen;

5. Sprengstoffe, welche entweder

a) sauer reagiren (mit Ausnahme des Pulvers, Sprengsalpeters und brennbaren Salpeters [§ 2, Nr. 1], des Sekurits [§ 2, Nr. 4a] und des Roburits [§ 2, Nr. 4b]) oder

b) bei einer Temperatur bis zu + 40 Grad C. zur Selbstzersetzung neigen, oder

c) welche enthalten:

aa) chlorsaure Salze (mit Ausnahme der Sprengkapseln und Zündplättchen [§ 2, Nr. 5]), oder

bb) pikrinsaure Salze, oder

cc) Phosphor (mit Ausnahme der Zündplättchen [§ 2, Nr. 8]), oder

dd) Schwefelkupfer;

6. Sprengstoffe in Patronenhüllen, sofern diese äußerlich mit Nitroglycerin (Ziffer 1) oder mit anderer Sprengflüssigkeit benetzt, oder äußerlich mit festen Sprengstoffen behaftet sind;

7. Sprengpräparate, bei welchen die einzelnen, an und für sich nicht sprengkräftigen Bestandtheile in einem geschlossenen Behälter durch leicht brechbare Scheidewände oder Hahnvorrichtungen so lange getrennt gehalten werden, bis die Explosion, durch Zertrümmerung,

Digitized by Google

Verschiebung der Scheidewände oder Oeffnen der Hahnvorrichtungen veranlaßt, stattfinden soll.

§ 4. Wer Sprengstoffe in Mengen von mehr als 35 Kgr. Bruttogewicht versendet, muß unter Angabe der Bestimmungsorte der Ortspolizeibehörde des Versendungsortes den Frachtschein zur Visirung vorlegen. Der Empfang der Sendung ist vom Empfänger auf dem dem Frachtschein beigefügten Lieferschein zu bescheinigen. Die bescheinigten Lieferscheine sind der Ortspolizeibehörde des Versendungsortes jederzeit auf Verlangen vorzulegen.

§ 5. Wer an der Versendung von solchen Sprengstoffen, welche den Vorschriften des Reichsgesetzes vom 9. Juni 1884 gegen den verbrecherischen und gemeingefährlichen Gebrauch von Sprengstoffen (R.-G.-Bl. S. 61) unterliegen, in der Weise theilnimmt, daß er dabei in den Besitz von Sprengstoffen gelangt (Spediteur, Transportführer, Transportbegleiter), muß den vorgeschriebenen Erlaubnißschein zum Besitz von Sprengstoffen oder beglaubigte Abschrift desselben während der Dauer seines Besitzes stets bei sich führen und auf Verlangen vorzeigen.

§ 6. Für die Versendung auf Land- und Wasserwegen sind Sprengstoffe in hölzerne, haltbare und dem Gewicht des Inhalts entsprechend starke Kisten oder Tonnen, deren Fugen so gedichtet sind, daß ein Ausstreuen nicht stattfinden kann, und welche nicht mit eisernen Reifen oder Bändern versehen sind, fest zu verpacken. Statt der hölzernen Kisten oder Tonnen können auch aus mehrfachen Lagen sehr starken und steifen, gefirnißten Pappdeckels gefertigte Fässer (sogenannte amerikanische Fässer) verwendet werden. Die zum Transport von Pulver, Sprengsalpeter und brennbarem Salpeter (§ 2, Ziffer 1) verwendeten Behälter dürfen keine eisernen Nägel, Schrauben oder sonstige eiserne Befestigungsmittel haben.

Pulver, Sprengsalpeter, brennbarer Salpeter (§ 2, Ziffer 1) und das aus Nitrocellulose mit oder ohne Salpeter hergestellte Pulver (§ 2, Ziffer 3) darf in metallene Behälter, ausgenommen solche von Eisen, verpackt werden. Vor der Verpackung in Tonnen oder Kisten müssen diese Stoffe entweder in Packete (Blechbehälter) bis zu höchstens $2^1/_2$ Kgr. Gewicht verpackt oder in dichte, aus haltbaren

Digitized by Google

Stoffen gefertigte Säcke, Mehlpulver in Säcke aus Leder oder dichtem Kautschukstoff geschüttet werden.

Die im § 2, Ziffer 2 und 4 aufgeführten Sprengstoffe dürfen nur in Patronen, nicht auch in loser Masse versendet werden. Diese Patronen, sowie Schießbaumwollpatronen (§ 2, Ziffer 3) sind durch eine Umhüllung von Papier in Packete zu vereinigen. Das Gleiche gilt für die nach § 2, Ziffer 6, zugelassenen Sprengstoffe, soweit die Versendung auf Eisenbahnen nur in Patronenform erfolgen darf.

Gepreßte Schießwollkörper mit mindestens 15 Procent Wassergehalt, sowie Sekurit- und Roburit-Patronen (§ 2, Ziffer 4) dürfen auch in dichtschließende Blechbüchsen oder Pappschachteln verpackt werden.

Für die Versendung loser Schießbaumwolle (§ 2, Ziffer 3) mit mindestens 20 Procent Wassergehalt ist feste Verpackung in starkwandige, luftdichte Behälter erforderlich.

Sprengstoffe jeder Art dürfen weder mit Zündungen oder Zündschnüren versehen, noch mit solchen oder mit Patronen für Feuerwaffen (§ 1b) in dieselben Behälter verpackt werden.

Die zur Verpackung von Sprengstoffen dienenden Behälter müssen je nach ihrem Inhalt mit der Aufschrift: Pulver, Sprengsalpeter, brennbarer Salpeter, Pulver aus Nitrocellulose und Salpeter, Kartuschen, Petarden, Feuerwerkskörper, Zündungen, Dynamitpatronen, Kohlendynamitpatronen, Sprenggelatinepatronen, Gelatinedynamitpatronen, Carbonitpatronen, Schießbaumwolle u. s. w. versehen sein. Außerdem müssen dieselben mit der Firma oder der Marke der Fabrik, aus welcher die Sprengstoffe herrühren, bezeichnet sein, oder eine von der Centralbehörde gebilligte und öffentlich bekannt gemachte Bezeichnung der Fabrik tragen.

Das Bruttogewicht der Versendungsstücke darf bei Pulver, Sprengsalpeter, brennbarem Salpeter (§ 2, Ziffer 1), bei Schießbaumwolle (§ 2, Ziffer 3), bei Kartuschen, Petarden, Feuerwerkskörpern oder Zündungen (§ 2, Ziffer 5) 90 Kgr., bei sonstigen Sprengstoffen 35 Kgr. nicht übersteigen. Auf prismatisches Geschützpulver in Kartuschen finden diese Gewichtsbestimmungen keine Anwendung.

Die für den Eisenbahnverkehr jeweilig vorgeschriebene Verpackung genügt auch für die Versendung auf Land- und Wasserwegen.

Digitized by Google

II. Besondere Bestimmungen für den Landverkehr.

§ 7. Die Beförderung von Sprengstoffen auf Fuhrwerken, welche Personen befördern, ist verboten.

Eine Ausnahme findet nur statt, wenn in dringenden Fällen allgemeiner Gefahr, z. B. bei Eisstopfungen, die nöthigen Sprengbüchsen und das zu deren Füllung erforderliche Material unter zuverlässiger Begleitung in kürzester Frist nach dem Bestimmungsort geschafft werden sollen.

§ 8. Bei dem Verpacken und dem Verladen, sowie bei dem Abladen und Auspacken darf Feuer oder offenes Licht nicht gehalten, Tabak nicht geraucht werden.

Das Verladen und Abladen hat unter sorgfältiger Vermeidung von Erschütterungen zu erfolgen. Die Versendungsstücke dürfen deshalb nie gerollt oder abgeworfen werden.

Soll das Verladen oder Abladen ausnahmsweise nicht vor der Fabrik oder dem Lagerraum oder innerhalb dieser Räume geschehen, so ist hierzu die Genehmigung der Ortspolizeibehörde einzuholen.

§ 9. Die Versendungsstücke müssen auf dem Fuhrwerke so fest verpackt werden, daß sie gegen Scheuern, Rütteln, Stoßen, Umkanten und Herabfallen aus ihrer Lage gesichert sind, insbesondere dürfen Tonnen nicht aufrecht gestellt werden, müssen vielmehr gelegt und durch Holzunterlagen unter Haar- oder Strohdecken gegen jede rollende Bewegung gesichert werden.

§ 10. Sprengstoffe dürfen nicht mit Zündhütchen, Zündpräparaten oder sonstigen leicht entzündlichen Gegenständen zusammen verladen werden.

Die im § 2, Ziffer 2, 3 und 4 aufgeführten Stoffe dürfen nicht mit Pulver, Sprengsalpeter, brennbarem Salpeter (§ 2, Ziffer 1), Kartuschen, Petarden, Feuerwerkskörpern, Zündungen (§ 2, Ziffer 5), oder mit Patronen für Feuerwaffen (§ 1b) zusammen verladen werden.

Digitized by Google

§ 11. Zur Beförderung von Sprengstoffen dienende Fuhrwerke müssen so dicht schließende Wagenkasten besitzen, daß die Sprengstoffe nicht verstreut werden können. Sind die Wagenkasten oben offen, so müssen sie mit einem dichtschließenden, feuersicheren Plantuche (z. B. imprägnirter Leinwand) überspannt sein.

Auch die Vorder- und Hinterseite der Fuhrwerke sind mit demselben Material zu schließen.

Zum Sperren der Räder dürfen nur hölzerne Radschuhe angewendet werden; bei Eisbahn ist eine eiserne Sperrvorrichtung (Krätzer) gestattet, sofern sie ganz vom Radschuh bedeckt ist.

Die Fuhrwerke müssen als Warnungszeichen eine von Weitem erkennbare, stets ausgespannt gehaltene schwarze Flagge mit einem weißen P führen.

§ 12. Fuhrwerke, welche Sprengstoffe führen, dürfen niemals ohne Bewachung bleiben.

Auf denselben darf Feuer oder offenes Licht nicht gehalten, Tabak nicht geraucht werden. Auch in der Nähe der Fuhrwerke ist das Anzünden von Feuer oder Licht, sowie das Tabakrauchen verboten.

§ 13. Fuhrwerke, welche Sprengstoffe führen, dürfen nur im Schritt fahren und von Fuhrwerken, sowie von Reitern nur im Schritt passirt werden.

Besteht ein Transport aus mehreren Fuhrwerken, so müssen diese während der Fahrt eine Entfernung von mindestens 50 Meter untereinander innehalten.

§ 14. Bei jedem Aufenthalt von mehr als einer halben Stunde ist eine Entfernung von mindestens 300 Meter von Fabriken, Werkstätten und bewohnten Gebäuden einzuhalten.

Die Ortspolizeibehörde darf, falls eine geeignete Haltestelle in solcher Entfernung nicht zu finden ist, gestatten, daß eine Haltestelle in einer geringeren, wenn aber nicht ein anderer Schutz geboten ist, mindestens 200 Meter betragenden Entfernung von Fabriken, Werkstätten und bewohnten Gebäuden gewählt wird.

Bei einem Aufenthalt von mehr als einer halben Stunde in der Nähe von Ortschaften ist überdies der Ortspolizeibehörde thun-

Digitized by Google

lichst schleunig Anzeige zu erstatten; die Ortspolizeibehörde hat darauf die ihr nothwendig erscheinenden Vorsichtsmaßregeln zu treffen.

§ 15. Fuhrwerke, welche Sprengstoffe führen, müssen von Eisenbahnzügen oder geheizten Locomotiven, Dampfwalzen, Dampfpflügen und ähnlichen Maschinen möglichst weit entfernt bleiben.

Neben der Eisenbahn herlaufende Wege, sowie Wege, auf welchen Dampfstraßenbahnen liegen, dürfen nur dann von solchen Fuhrwerken befahren werden, wenn der Bestimmungsort von Frachtfuhrwerk auf einem anderen gut fahrbaren Wege nicht zu erreichen ist.

§ 16. Der Transport durch zusammenhängend gebaute Ortschaften ist nur gestattet, wenn diese nicht von Frachtfuhrwerk auf gut fahrbaren Wegen umfahren werden können. Ist die Durchfahrt unvermeidlich, so hat der Transportführer der Ortspolizeibehörde Anzeige zu erstatten und vor der Einfahrt in den Ort deren Bestimmungen abzuwarten. Die Ortspolizeibehörde hat den zu nehmenden Straßenzug zu bestimmen und von anderen Fahrzeugen möglichst frei zu halten, auch Sorge zu tragen, daß die Durchfahrt ohne unnöthigen Aufenthalt und mit Vermeidung besonderer Gefahren erfolgt.

§ 17. Werden zur Beförderung von Sprengstoffen Fuhrwerke verwendet, welche mit festen, dicht schließenden und feuersicher hergestellten, während des Transportes unter Verschluß gehaltenen Wagenkasten versehen sind, so finden hinsichtlich der Beförderung solcher Transporte nur die Vorschriften im § 11, Absatz 3 und 4, § 12, § 13, Absatz 1, und § 14 Anwendung, und zwar die des § 14 mit der Maßgabe, daß die regelmäßig einzuhaltende Entfernung 200 Meter beträgt.

§ 18. Geräth eine Sprengstoffsendung unterwegs in einen Zustand, daß der weitere Versandt bedenklich erscheint, so hat die Ortspolizeibehörde, welcher von dem Transportführer thunlichst schleunig Anzeige zu erstatten ist, die zur gefahrlosen weiteren Behandlung der Sendung nöthigen Anordnungen zu treffen, und zwar je nach den Umständen unter Zuziehung eines auf ihre Aufforderung von dem Absender zu entsendenden Sachverständigen.

Ist Gefahr im Verzuge, so erfolgt die Vernichtung der Sprengstoffe durch die Polizeibehörde auf Kosten des Absenders ohne vor-

Digitized by Google

herige Benachrichtigung desselben, wenn möglich nach der Angabe und unter Aufsicht eines Sachverständigen.

§ 19. Werden Sprengstoffe in Mengen von nicht mehr als 30 Kgr. versendet, so finden auf dergleichen Sendungen von den Vorschriften dieses Abschnittes nur die §§ 7—10 Anwendung.

III. Besondere Bestimmungen für den Wasserverkehr.

§ 20. Auf Dampfschiffen, welche Personen befördern, dürfen Sprengstoffe nicht transportirt, an Schießpulver oder Feuerwerkskörpern jedoch darf soviel mitgeführt werden, als zur Abgabe von Signalen nothwendig ist.

Die im § 7 enthaltene Ausnahmsbestimmung findet auch hier Anwendung.

Fähren, welche Fuhrwerk mit Sprengstoffen übersetzen, dürfen nicht andere Fuhrwerke oder Personen befördern.

§ 21. Die §§ 7—10, 11, Absatz 4, 12, Absatz 1, 13, Absatz 2, 14, 18 und 19 finden für den Schiffsverkehr sinngemäße Anwendung.

Werden zur Beförderung von Sprengstoffen eiserne oder stählerne Schiffe verwendet, welche mit dicht schließenden und feuersicher hergestellten, während des Transports unter Verschluß gehaltenen Laderäumen versehen sind, so finden von den im Absatz 1 angezogenen Vorschriften nur die §§ 8, 11, Absatz 4, 12, Absatz 1, 14, 18 und 19 sinngemäße Anwendung, und zwar die des § 14 mit der Maßgabe, daß die regelmäßig einzuhaltende Entfernung 200 Meter beträgt.

Zur Versendung auf Schiffen sind Patronen der im § 2, Ziffer 2, aufgeführten Stoffe, außerdem mit einer das Eindringen von Wasser oder Feuchtigkeit verhindernden Umhüllung (z. B. mit Gummilösung verklebtem Gummibeutel) zu versehen. Auf den Transport auf Fähren findet dies keine Anwendung.

Digitized by Google

Das Ein- und Ausladen darf nur an einer von der Ortspolizeibehörde dazu angewiesenen Stelle, welche mindestens 300 Meter von bewohnten Gebäuden entfernt sein muß, erfolgen.

Die Ladestelle darf während ihrer Benutzung dem Publicum nicht zugänglich sein und ist, wenn ausnahmsweise das Aus- oder Einladen bei Dunkelheit stattfindet, mit fest- und hochstehenden Laternen zu erleuchten. Die mit Sprengstoffen gefüllten Behälter dürfen nicht eher auf die Ladestelle gebracht oder zugelassen werden, bis die Verladung beginnen soll.

§ 22. Die Sprengstoffe müssen auf dem Schiffe in einem abgeschlossenen Raume, welcher bei Dampfschiffen möglichst weit von den Kesselräumen entfernt ist, unter Deck fest verstaut werden. Bei Verladung in offenen Booten müssen letztere mit einem dichtschließenden feuersicheren Plantuche (z. B. imprägnirte Leinwand) überspannt werden.

Weder in den so benutzten, noch in den unmittelbar daranstoßenden Räumen dürfen Zündhütchen und Zündschnüre verpackt sein.

Leicht entzündliche Stoffe, zu welchen Steinkohlen und Coaks nicht gerechnet werden, sind von der gleichzeitigen Beförderung ausgeschlossen.

§ 23. Sind zu öffnende Brücken oder Schleusen zu passiren, so hat der Transportführer dem Brücken- oder Schleusenwärter Anzeige zu erstatten und vor der Durchfahrt dessen Bestimmungen abzuwarten. Der Brücken- oder Schleusenwärter hat Sorge zu tragen, daß die Durchfahrt ohne unnöthigen Aufenthalt und mit Vermeidung besonderer Gefahren erfolgt.

Das Anlegen darf nur an Orten geschehen, welche während des Aufenthaltes dem Publicum nicht zugänglich sind.

Die Ortspolizeibehörde ist stets vorher in Kenntniß zu setzen und hat Vorschriften über Ort und Zeit zu geben und Vorsichtsmaßregeln im Einzelnen zu treffen.

Digitized by Google

IV. Bestimmungen über den Handel mit Sprengstoffen, sowie über deren Aufbewahrung und Verausgabung.

§ 24. Wer Sprengstoffe feilhalten will, muß davon der Ortspolizeibehörde Anzeige machen. Wer Sprengstoffe feilhalten will, welche den Vorschriften des Reichsgesetzes vom 9. Juni 1884 unterliegen, bedarf dazu der polizeilichen Erlaubniß gemäß § 1 dieses Gesetzes.

Sprengpatronen dürfen von den Fabriken und Händlern und ihren Beauftragten nicht einzeln und lose, sondern nur in den nach § 6 dafür vorgesehenen Behältern abgegeben werden. Diese Behälter müssen mit der Jahreszahl der Herstellung in der Fabrik und mit einer durch das Jahr der Herstellung fortlaufenden Nummer versehen sein. Diese Zahl und Nummer müssen auch an jeder in den Behälter verpackten Sprengpatrone angebracht sein. Außerdem muß an jeder Sprengpatrone der Name des Sprengstoffs, sowie die Firma oder Marke der Fabrik oder eine von der Centralbehörde gebilligte und öffentlich bekannt gemachte Bezeichnung der Fabrik angebracht sein.

In dem gemäß § 1, Absatz 2, des Reichsgesetzes vom 9. Juni 1884 zu führenden Register sind Jahreszahl und Nummer der gekauften und abgegebenen Sprengpatronen zu vermerken.*)

§ 25. Wer sich mit der Anfertigung oder dem Verkaufe von Sprengstoffen befaßt, welche dem Reichsgesetz vom 9. Juni 1884 nicht unterliegen, ist verpflichtet, über alle An- und Verkäufe dieser Stoffe in Mengen von mehr als 1 Kgr. ein Buch zu führen, welches den Namen der Verkäufer und der Abnehmer, den Zeitpunkt des Ankaufs und der Abgabe, die Mengen der gekauften und abgegebenen Stoffe, sowie bei Sprengpatronen deren Jahreszahl und Nummer angiebt. Dieses Buch ist auf Verlangen der Polizeibehörde zur Einsicht vorzulegen. Hinsichtlich der Buchführung greifen im Uebrigen die

*) Die Vorschriften des § 24 bleiben, soweit sie Beifügung der Jahreszahl und Kistennummern vorschreiben, voraussichtlich für Sprengstoffe, welche exportirt werden sollen, außer Wirkung.

Digitized by Google

auf Grund des Reichsgesetzes vom 9. Juni 1884 erlassenen Vorschriften Platz.

§ 26. Die Abgabe von Sprengstoffen an Personen, von welchen ein Mißbrauch derselben zu befürchten ist, insbesondere an Personen unter 16 Jahren, ist verboten. Auf Spielwaaren, welche ganz geringe Mengen von Sprengstoffen enthalten, findet diese Vorschrift keine Anwendung.

Die Abgabe von Sprengstoffen, welche den Vorschriften des Reichsgesetzes vom 9. Juni 1884 unterliegen, darf seitens der Fabriken und Händler und ihrer Beauftragten nur an solche Personen erfolgen, welche nach den gemäß § 2 dieses Gesetzes erlassenen Anordnungen zum Besitz von Sprengstoffen berechtigt sind. Bei Staatswerken, welche besonderer Erlaubniß zum Besitz von Sprengstoffen nicht bedürfen, kann die Abgabe an solche Personen erfolgen, welche von der Verwaltung des Werkes zu der Annahme ausdrücklich ermächtigt sind.

§ 27. Die Verausgabung von Sprengstoffen, welche den Vorschriften des Reichsgesetzes vom 9. Juni 1884 unterliegen, an die in Bergwerken, Steinbrüchen, Bauten und gewerblichen Anlagen beschäftigten Bergleute, Arbeiter u. s. w. darf nur von denjenigen Betriebsleitern, Beamten oder Aufsehern bewirkt werden, welche nach den gemäß § 2 dieses Gesetzes erlassenen Anordnungen zum Besitz von Sprengstoffen berechtigt sind. Diese Personen sind verpflichtet, über die Verausgabung ein Buch zu führen, welches den Namen der Empfänger, den Zeitpunkt der Verausgabung, die Menge der verausgabten Stoffe, sowie bei Sprengpatronen deren Jahreszahl und Nummer angiebt. Bei Staatswerken, welche besonderer Erlaubniß zum Besitz von Sprengstoffen nicht bedürfen, kann die Verausgabung von solchen Personen bewirkt werden, welche von der Verwaltung des Werkes zu der Verausgabung ausdrücklich ermächtigt sind.

Die Leiter der Bergwerke, Steinbrüche, Bauten und gewerblichen Anlagen sind verpflichtet, Maßregeln zu treffen, welche eine Verwendung der zum Verbrauch im Betriebe verausgabten Sprengstoffe durch die Bergleute, Arbeiter u. s. w. zu anderen Zwecken ausschließen.

Digitized by Google

V. Bestimmungen über die Lagerung von Sprengstoffen.

§ 28. Gerathen Sprengstoffe auf ihrem Lager in einen Zustand, daß die weitere Lagerung bedenklich erscheint, so finden die Vorschriften des § 19 entsprechende Anwendung.

§ 29. Wer mit Pulver, Sprengsalpeter, brennbarem Salpeter (§ 2, Ziffer 1), Feuerwerkskörpern und Zündplättchen — Amorces — (§ 2, Ziffer 5), Handel treibt, darf:

1. im Kaufladen nicht mehr als $2^1/_2$ Kgr.,

2. im Hause außerdem nicht mehr als 10 Kgr. vorräthig halten.

Auf Nachweis eines besonderen Bedürfnisses kann die Erhöhung des Vorraths unter 2 zeitweilig bis auf 15 Kgr. gestattet werden.

Die Aufbewahrung muß in einem auf dem Dachboden (Speicher) gelegenen, mit keinem Schornsteinrohre in Verbindung stehenden abgesonderten Raume erfolgen, welcher beständig unter Verschluß gehalten und mit Licht nicht betreten wird. Die Behälter müssen den Bestimmungen in § 6, Absatz 1 und 2, entsprechen und mit stets fest geschlossenen Deckeln versehen sein.

§ 30. Personen, welche nicht unter die Bestimmung des § 29 fallen, bedürfen für die Aufbewahrung von mehr als $2^1/_2$ Kgr. der daselbst genannten Sprengstoffe der behördlichen Erlaubniß.

§ 31. Größere als die im § 29 angegebenen Mengen dieser Sprengstoffe sind außerhalb der Ortschaften in besonderen Magazinen aufzubewahren, von deren Sicherheit die Behörde sich überzeugt hat. Die Magazine müssen sich, wenn sie über Tag liegen, im Wirkungsbereich sachgemäß ausgeführter und unter Aufsicht stehender Blitzableiter befinden.

Handelt es sich um Magazine, welche zu einem der Aufsicht der Bergbehörde unterstehenden Werke gehören, so hat die Polizeibehörde die Prüfung in Gemeinschaft mit der Bergbehörde vorzunehmen.

Digitized by Google

Es kann angeordnet werden, daß die Schlüssel zu diesen Magazinen in den Händen der Behörde bleiben.

§ 32. Die Aufbewahrung der im § 29 genannten Sprengstoffe an der Herstellungsstätte, sowie an der Verbrauchsstätte unterliegt den im § 33 gegebenen Vorschriften.

§ 33. Die im § 2 aufgeführten Sprengstoffe dürfen — abgesehen von den im § 29 vorgesehenen Ausnahmen — nur an der Herstellungsstätte oder an denjenigen Orten, wo sie innerhalb eines Betriebs zur unmittelbaren Verwendung gelangen, oder in besonderen Magazinen gelagert werden.

Für die Lagerung an der Herstellungsstätte sind, in Ermangelung besonderer, bei Genehmigung der Anlage gemäß § 16 der Gewerbeordnung vorgeschriebener Bedingungen, die Weisungen der Ortspolizeibehörde zu beachten.

Die Niederlagen an der Verbrauchsstätte, sowie die besonderen Magazine bedürfen der behördlichen Genehmigung und sind nach den von der Behörde zu ertheilenden Vorschriften einzurichten.

Für solche Niederlagen oder Magazine, welche zu einem der Aufsicht der Bergbehörde unterstehenden Werke gehören, tritt diese an die Stelle der anderen Behörde.

Es kann angeordnet werden, daß die Schlüssel zu den Niederlagen oder Magazinen in den Händen der Behörde bleiben.

§ 34. Andere als die im § 2 aufgeführten, insbesondere die im § 3 genannten Sprengstoffe dürfen nur an der Herstellungsstätte gelagert werden.

Zu Versuchszwecken kann die Lagerung neuer Sprengstoffe an anderen Orten von der Behörde gestattet werden.

Digitized by Google

VI. Strafbestimmungen.

§ 35. Zuwiderhandlungen gegen vorstehende Vorschriften werden nach § 367, Nr. 5, des Strafgesetzbuches bestraft, soweit nicht härtere Strafen nach dem Reichsgesetz vom 9. Juni 1884 verwirkt sind.

Schlußbestimmung.

Weitergehende bergpolizeiliche Vorschriften und Anordnungen über die Verwendung von Sprengstoffen beim Bergbau werden durch die vorstehenden Bestimmungen nicht berührt.

Digitized by Google

Sach-Register.

A.

Abfallſäure 280.
— Wiedergewinnung 222.
Amydogène 175.
Ammongelatine 310.
Ammon-Wetterdynamit 313.
Atlas powder 311.
Ausbauchprobe von Trauzl 360.

B.

Bandzünder 383.
Baumwolle 199.
Bellit 180.
Bergmannspulver 182.
Bild, pyrographiſches 142.
Bohrlöcher, Herſtellung 368.
Bohrmaſchinen 370.
Bohrpatronen 210.
brise rocs 176.
Bronolith 328.
Brückenzünder 383.

C.

Calcarone 22.
Caliche 39.
Carboazotine 175.
Carbo-Dynamit 311.
Carbonit 311.
Carnallit 42.
Celluloſe 198.
Celluloſe-Dynamit 306.
Chloratpulver 180.
Chlorkalium, Gewinnung 42.
Chlorſtickſtoff 6.
Chronograph von Boulanger 353.
— Watkin 352.
Chronoſkop von Wheatſtone 351.
Collodin 187.
Collodium 241.
— Anwendung 241.
Collodiumwolle 229, 238
— Conſtitution der 231.
— Fabrikation der 239.
Coloniapulver 303.
Cometpulver 182.
Converſions-Salpeter 34.
Converſions-Salpeter, Fabrikation 46.
Cruſher von Noble 355.
Cylinderkohle 72.
Cylinderpulver, engliſches 138.

D.

Denitrificator 280.
Diazobenzolſulfoſäure 336.
Diazonaphtalinſulfoſäure 336.
Diazoverbindungen 334.

Digitized by Google

Diorrezin 176.
Doppioni 22.
Dualin 244, 305.
Duplicator 110.
Dynamite 289, 306.
— Anwendung 393.
— Eigenschaften 295.
Dynamit-Wärmeapparat 396.
Dynamite, Wirkung 389.
Dynamit von Vonges 311.
Dynamoit 179.

E.

Eisenpapier, blausaures 142.
Eprouvette 349.
Excenterpresse 136.
Explosive Stoffe, Anwendung 362.
Explosivstoffe, Beurtheilung 347.
— brisante 9.
— direct wirkende 10.
— Eintheilung 4.
— fulminante 9.
— impulsive 9.
— indirect wirkende 10.
— Transport 362.
Extradynamit 310.

F.

Feuer, griechisches 15.
Fulminatin 310.

G.

Galläpfelpulver 185.
Galvanometer von Pouillet 351.
Gasdruck, Bestimmung 355.
Gasdruckmesser von Rodmann 353.
Gelatine-Dynamit 308.
Gelignit 309.
Geschoßgeschwindigkeit, Bestimmung 251.
Glanzruß 65.
Glonoin 257.
Glühzünder 383.
Glycerin 259.
— Wassergehalt 261.
Guttapercha-Drahtzünder 383.
Guttmann's Kraftmesser 357.

H.

Haloxylin 176, 187.
Hebelprobe 250.
Hercules powder 311.
Himlypulver 182.
Holz, Aufbewahrung 62.
— Auswahl 59.
— Fällungszeit 60.
— Härte 58.
— specifisches Gewicht 56.
— Zusammensetzung 52
Holzpulver 187.

J.

Jagdpulver 86, 91.
Janit 175.
Jodstickstoff 6.
Judson powder 311.

K.

Kalisalpeter 32.
— Eigenschaften 48.
— Prüfung 48.
Kehrsalpeter 33.
Kieselguhr 292.
Kieselguhr-Dynamit 292.
Kieselpulver, englisches 138.
Knallmannit 330.
Knallqueckfilber 337.
— Darstellung 337.
— Eigenschaften 340.
Körnen 115.
Körnmaschine, Champy'sche 121.
— Congreve'sche 119.
— Lefebvre'sche 117.
Kohle 51.
— destillirte 72.
Kollermühlen 97.

Digitized by Google

Kraftmesser von Guttmann 357.
Kuppeldrähte 385.

L.

Lignose 304.
Lithofracteur 300.
Luftrührung 277.
Lufttrocknen 121.

M.

Mammuthpulver 133.
Meganit 311.
Melinit 328.
Mengen 105.
Minenkrankheit 170.
Minenwirkung 388
Montejus 276.

N.

Nachnitrirung 205.
Nachscheidung 280.
Nitrirung 190, 212.
Nitrircentrifuge von Selwig und Lange 214.
— Sudenburger 213.
Nitrirgefäße 212.
Nitrocellulose 195.
Nitroglycerin 257.
— Anwendung 287.
— Darstellung nach Boutmy und Faucher 270.
— — H. Schröder 274.
— — Kurtz 270.
— — moderne 275.
— — Mowbray 265.
— — Nobel 264.
— — Rudberg 264.
— Eigenschaften 280.
Nitroglycerin-Präparate 289.
Nitroglycerin, Producte der Explosion 283.
— Transport 364.
Nitromannit 330.
Nitrostärke 330.
Nitrostärke, Darstellung 331.
Nitroverbindungen 190.
Nitrozucker 330.
Nitroxylin 187.

P.

Pantopollit 310.
Pendelprobe 351.
Petralith 174.
Pikratpulver 320.
— von Borlinetto 326.
— Brugère 327.
— Designolle 326.
Pikrinsäure 320.
Poliren 123.
Presse, hydraulische 112.
Probemörser 348.
Pudrolith 176, 181.
Pulver von Bennet 174.
— braunes 173.
— von Davey 177.
— Designolle 326.
— Eaton 176.
— Ehrhardt 184.
— Fortis 175.
— gepreßtes 133.
— großkörniges 138.
— von Hafenegger 192.
— Hahn 184.
— Kellow und Short 181.
— Krafft 184.
— muriatisches 181.
— von Neumayer 173.
— Nisser 186.
— Oxland 177.
— prismatisches 133.
— rauchschwaches 245.
— — von Abel 253.
— — Abel und Dewar 253.
— — Eigenschaften 248.
— — von Gaens 255.
— — Hengst 255.
— — Johnson-Borland 256.
— — Kolf 256.
— — Maxim 256.

Digitized by Google

Pulver, rauchschwaches von Nobel 250.
— — Schuckher 255.
— — Turpin 254.
— — Wetteren 254.
— — Wolf & Co. 254.
— Schultze 242.
— Spencer 185.
— Vermengen des 131.
— weißes von Angendre 182.
— — Lannoy 244.
— — Uchatius 334.
Pulvergase, Schädlichkeit 170.
Pulverkohle 51.
— Absorptionsvermögen 80.
— Eigenschaften 78.
— Entzündlichkeit 79.
— Gewinnung 62.
— Prüfung 78.
— Selbstentzündung 82.
— specifisches Gewicht 78.
Pulvermagazine 363.
Pulversatz, Dichten des 108.
Pyrolithe 176.
Pyrometer 68.
Pyronone 177.
Pyropapier 242.

R.

Raumkrätzer 369.
Reibungszünder 383.
Revolutionsverfahren 102.
Rhexit 310.
Rothkohle 55.

S.

Safety nitro powder 311.
Salpeter 33.
Salpeterfraß 33.
Salpeter, Läuterung 84.
Salpeterplantagen 35.
Salpeter, Raffination 37.
— Vorkommen 33.
Sauerstoffträger 5.
Saxifragin 178.
Sebastin 305.
Serranin 305.
Scheidetrichter 279.
Schießbaumwolle 195.
— Anwendung 234, 392.
— Constitution 231.
Schießbaumwoll-Dynamit 307.
Schießbaumwolle, Eigenschaften 224.
— Fabrikation 199.
— freiwillige Zersetzung 233.
— gepreßte 206.
— Körnen 221.
— Prüfung 218.
— Transport 364.
— Trockenschrank für 220.
— Zusammensetzung 230.
Schießpapier 185.
Schießwollkornpulver 210.
Schneckenbohrer 369.
Schüsse, Verbindung der 385.
Schwarzkohle 55.
Schwarzpulver 14.
— Ausstäuben 128.
— Bestandtheile 18.
— chemische Eigenschaften 150.
— Dichtigkeit 144.
— Dosirung 86.
— Entzündlichkeit 151.
— Fabrikation 83.
— Feuchtigkeitsgehalt 149.
— Gasspannung 168.
— Geschichte 14.
— Gewicht, kubisches 144.
— Korndichtigkeit 144.
— Körnen 115.
— Massendichtigkeit 146.
— physikalische Eigenschaften 140.
— Poliren 123.
— Sortiren 131.
— Transport 363.
— Triebkraft 168.
— Trocknen 126.
— Verbrennungsgeschwindigkeit
— Verbrennungsproducte 154.
— Verbrennungswärme 166.

Digitized by Google

Schwefel 18.
— Ausschmelzen 12.
— Bildung 19.
— Destillation 22.
— Eigenschaften 32.
— Geschichte 18.
— Gewinnung 21.
— Läuterung 85.
— Prüfung 32.
— Raffination 26.
— roher, Zusammensetzung 25.
— Vorkommen 19.
Schwefelblumen 26.
Sprengcultur 397.
Sprengels Explosivstoffe 314.
— — neutrale 318.
— — saure 316.
Spreng-Gelatine 308.
— Darstellung 308.
Sprengkapseln 344.
Sprengkraft, Bestimmung 357.
Sprengpapier 185.
Sprengpulver 96, 91.
— Anwendung 391.
— von Borlinetto 326.
— Brain 304.
— Callon 184.
— Küp 178.
— Matteen 177.
— Oller 181.
— Reboudi 176.
— Schäffer und Budenberg 176.
— Schwarz 176.
— Wynant 178.
Sprengstoffe, Verkehr mit 401.
Sprengstoff von Favier 179.
Sprengtechnik 367.
Stabzünder 383.
Stampfmühle 94, 99.
Stangenschwefel 26.
Steinbrech 177.
Stickstoffwasserstoffsäure 336.
Stonit 311.

T.

Tonit 254.
Trauzl's Ausbauchprobe 360.
Triebkraft, Bestimmung der 348.

V.

Verkohlung in Cylindern 65.
— in Gruben 63.
— in Kesseln 63.
— in Meilern 12.
— in Oefen 64.
Vigorit 188, 311.
Vulcan powder 311.

W.

Walzenkörnmaschine, Congrève-sche 120.
Walzmühlen 97.
Walzenpresse 113.
Wetterdynamite 287, 311.
— von Kubin 313.
— Nobel 312.

X.

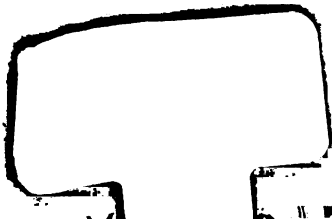
Xanthatpulver 188.

Z.

Zeitzünder 346.
Zünder, elektrischer 382.
Zündhütchen, Herstellung 344.
Zündleitung, Schaltung 381.
Zündmaschine 376.
— Bornhardt'sche 377.
— magneto-elektrische 379.
Zündmittel 374.
Zündschnur von Bickford 374.
— detonirende 384.
— schnell brennende 375.
Zündsätze, Herstellung 342.
Zündspiegelsätze 345.
Zündung, elektrische 375.
— Leitung 380.
Zündpatronen 395.

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google